

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria de l'Energia

**VIABILITAT TÈCNICA I ECONÒMICA DE L'AUTOSUFICIÈNCIA
ELÈCTRICA DEL POBLE DE BOLVIR**



Memòria

Autor: Aida Munné Zafra
Director: Joan Martínez Sánchez
Convocatòria: Gener 2018

Resum

Projecte que estudia la viabilitat tècnica i econòmica d'autosuficiència elèctrica del poble de Bolvir, a la comarca de la Cerdanya.

Partint únicament de les dades de consum elèctric anuals del poble, s'ha estudiat els recursos eòlics i solar de la zona i s'ha procedit al càlcul de la instal·lació. El consum al poble de Bolvir és de 2.372.116 MWh anuals, sent gairebé domèstic, amb un pes del 73% del consum total, seguit del sector terciari amb un 25% del total.

S'han fet principalment dos estudis diferenciats; un estudi eòlic i l'altre solar. Amb el primer s'ha pogut conèixer el recurs eòlic de la zona i s'ha pogut veure quin tipus de generador dona més bons resultats a la zona. Amb l'estudi solar, partint del recurs solar que té el poble de Bolvir, s'ha escollit un panell fotovoltaic i s'ha calculat la quantitat d'ells que serien necessaris per abastir tot el municipi.

Seguidament s'ha procedit a veure la viabilitat econòmica d'ambdós projectes, realitzant un estudi dels costos principals de cada tipus d'instal·lació i amb ells s'ha analitzat econòmicament mitjançant un anàlisi financer.

A més, s'ha pogut conèixer quins són els aspectes legals als que s'hi hauria d'atenir el projecte, i també s'han intentat buscar diferents fonts de finançament. Principalment mitjançant diverses subvencions, de títol estatal o bé europeu.

Resumen

Proyecto que estudia la viabilidad técnica y económica de autosuficiencia eléctrica del pueblo de Bolvir, en la comarca de la Cerdaña.

Partiendo únicamente de los datos de consumo eléctrico anuales del pueblo, se ha estudiado los recursos eólicos y solar de la zona y se ha procedido al cálculo de la instalación. El consumo en el pueblo de Bolvir es de 2.372.116 MWh anual, siendo casi doméstico, con un peso del 73% del consumo total, seguido del sector terciario con un 25% del total.

Se han hecho principalmente dos estudios diferenciados; un estudio eólico y otro solar. Con el primero se ha podido conocer el recurso eólico de la zona y se ha podido ver qué tipo de generador da mejores resultados en la zona. Con el estudio solar, partiendo del recurso solar que tiene el pueblo de Bolvir, se ha escogido un panel fotovoltaico y se ha calculado la cantidad de ellos que serían necesarios para abastecer todo el municipio.

Seguidamente se ha procedido a ver la viabilidad económica de ambos proyectos, realizando un estudio de los costes principales de cada tipo de instalación y con ellos se ha analizado económicamente mediante un análisis financiero.

Además, se ha podido conocer cuáles son los aspectos legales a los que se debería atenerse el proyecto, y también se han intentado buscar diferentes fuentes de financiación. Principalmente mediante diversas subvenciones, de título estatal o europeo.

Abstract

This project studies the technical and economic feasibility of electrical self-sufficiency of the town of Bolvir, in the region of Cerdanya.

Based on the annual electricity consumption data of the town, the wind and solar resources of the area have been studied and the calculation of the installation has been carried out. The consumption in the town of Bolvir is 2,372,116 MWh per year, being almost domestic, with 73% of total consumption, followed by the tertiary sector with 25%.

Two different studies have been done mainly; the wind study and the other the solar one. The first one has allowed knowing the wind resource of the area and it has been able to see what type of generator gives a better result in the area. With the solar study, based on the solar resource of the town of Bolvir, a photovoltaic panel has been chosen and the number of them has been calculated to supply the whole municipality.

Thereafter, it has been proceeded to see the economic viability of both projects, carrying out a study of the main costs of each type of installation and with them it has been analysed economically through a financial analysis.

In addition, it has been possible to find out the legal aspects which the project should be followed, as well as trying to find different kind of sources for the financing. Different kinds of subsidies has been founded in the European Union and in the state.



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
1. PREFACI	1
1.2. Origen del treball	1
1.3. Motivació.....	1
1.4. Requeriments previs	1
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. Objectius del treball.....	3
2.2. Abast del treball	3
3. MARC TEÒRIC	5
3.1. La necessitat d'un canvi de model.....	5
3.1.1. Raons mediambientals.....	5
3.1.2. Raons econòmiques i estratègiques.....	6
3.1.3. Raons socials.....	6
3.2. El model energètic actual.....	7
3.2.1. Evolució del consum energètic a Espanya	8
3.2.2. Producció d'energia elèctrica a Espanya	9
3.3. La transició energètica	11
3.3.1. La petjada de carboni	12
4. ANTECEDENTS DE POBLES AMB AUTOSUFICIÈNCIA ENERGÈTICA	14
4.1. Feldheim.....	14
4.2. Schönaun	15
4.3. Gussing, Àustria.....	17
4.4. Freiburg, Alemanya	18
4.5. Regent Village.....	21
5. EL POBLE DE BOLVIR	23
5.1. Informació del poble.....	23
5.1.1. Sectors econòmics.....	24
5.1.2. El Clima.....	25

5.1.3.	Consum elèctric a Bolvir.....	25
5.2.	Viabilitat d'aprofitament dels recursos naturals	29
5.2.1.	Recurs eòlic.....	29
5.2.2.	Recurs solar.....	41
6.	LA LEGISLACIÓ	57
6.1.	Lleis del sector elèctric i Reals Decrets a Espanya evolució	57
6.2.	Normativa Actual	58
6.2.1.	El Reial Decret d'Autoconsum RD 900/2015	58
6.2.2.	Anul·lació del constitucional RD 900/2015	59
6.3.	Marc Regulador poble Bolvir	60
6.3.1.	Poble connectat a la xarxa	60
6.3.2.	Poble aïllat de la xarxa	60
7.	ESTUDI ECONÒMIC	62
7.1.	Estudi econòmic	62
7.1.1.	Ingressos/Estalvi.....	62
7.1.2.	Costos eòlics	63
7.1.3.	Costos fotovoltaica	65
7.1.4.	Anàlisi financer eòlic.....	65
7.1.5.	Anàlisi financer solar.....	67
7.1.6.	Anàlisi financer mix eòlic i solar	68
7.2.	Ajudes i subvencions	73
7.2.1.	Ajudes a nivell Europeu.....	73
7.2.2.	Ajudes Estatals	76
	CONCLUSIONS	79
	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	81
	ANNEX A	85

1. Prefaci

1.2. Origen del treball

L'origen del treball sorgeix a partir de la situació de les energies renovables a Espanya i la transició energètica com a punt de partida. La necessitat imminent del canvi de model actual i la poca participació de les comunitats i, en general, dels ciutadans, fa que els moviments que hi puguin haver de projectes cap a noves direccions sigui molt rellevants.

1.3. Motivació

Aquest projecte de fi de grau representa les inquietuds principals que se'm plantejant en un present i un futur pròxim. El fet que instal·lacions d'autosuficiència energètica s'hagin vist a molts països europeus i no pas a Espanya, presenta una gran motivació, però també molta incertesa. A Espanya, un país on precisament els recursos dels que es parla en aquest projecte són molt abundants, com és que no es planteja un camí que porti a aquest tipus d'instal·lacions?

1.4. Requeriments previs

Els coneixements de l'energia eòlica i solar per al procediment de l'estudi del projecte han estat essencials. Haver realitzat el grau en energia ha estat, segons el meu entendre, un requeriment primordial, i assignatures com Integració Energètica i l'optativa d'Energia eòlica m'han estat de gran ajuda alhora de realitzar el treball. A més, la necessitat del coneixement de l'anglès, que per poder veure exemples a altres indrets del món i entendre'ls ha estat molt necessari.

2. Introducció

2.1. Objectius del treball

L'objectiu principal del treball és identificar si és o no possible que un poble com Bolvir sigui autosuficient elèctricament.

Els objectius del treball són, primerament, conèixer el municipi a estudi i les necessitats energètiques d'aquest. Coneixent el municipi es poden veure quins són els recursos dels quals es disposen per poder arribar a abastir el consum del mateix. S'estudien les condicions del poble, els aspectes legals i administratius de l'autoconsum i es busquen fonts de subvencions tant a nivell estatal com europeu.

Es fa un estudi tècnic eòlic i solar per procedir al dimensionat de les instal·lacions del projecte i s'evalua la seva viabilitat econòmica.

2.2. Abast del treball

Aquest treball és un primer contacte amb l'autosuficiència d'un poble. Tècnicament no s'ha contemplat un anàlisi extens de tot el que comportaria una instal·lació completa, ja que l'objectiu del treball no és aquest.

S'ha analitzat tècnicament i econòmicament el projecte per tal de poder tenir una primera idea de a què s'està afrontant.

3. Marc teòric

Un model energètic sostenible hauria de ser aquell caracteritzat per la producció i el consum, que es compatibilitzen amb el desenvolupament econòmic, social i ambiental, satisfent les necessitats energètiques actuals i sense comprometre les necessitats de les generacions futures.

El consum accelerat d'uns recursos energètics finits i l'impacte mediambiental associat a l'ús de les energies tradicionals, com es distribueixen les reserves d'energia, i els principis de les matèries primàries, confereixen en la importància de les fonts renovables d'energia. L'ús d'energia procedent de recursos renovables ha de constituir una part imprescindible en l'estratègia política de desenvolupament del sector.

3.1. La necessitat d'un canvi de model

Hi ha tres aspectes fonamentals que fan que hi hagi una necessitat de canvi de model energètic que fan que sigui un model energètic insostenible: raons mediambientals, econòmiques i socials.(1)

3.1.1. Raons mediambientals

Si les tendències de producció i de consum d'energia segueixen com fins ara, la temperatura global de la Terra haurà augmentat en 2°C a finals de segle, segons els escenaris menys devastadors estudiats.

“La humanitat esgota avui els recursos que la Terra produeix en tot un any”(2) així obrien titulars molts diaris arreu del món el passat mes d'agost. L'ésser humà creix més ràpidament del que la Terra és capaç de produir; l'home tala boscos amb major velocitat de la que tornen a créixer, pesca en mars més ràpidament del que es regeneren, i emet més diòxid de carboni del que la atmosfera pot admetre. És el principal problema del consum excessiu de la nostra era i té unes conseqüències extremes:

- Extinció d'espècies
- Desaparició d'ecosistemes sencers, com els esculls de coral, selves tropicals, o sistemes fluvials.
- Conflictes i guerres per la lluita dels recursos cada vegada més limitats.

L'escalfament global es l'augment de la temperatura del procés de mitja dels oceans i l'atmosfera de la Terra causat per les emissions massives que produeixen l'efecte hivernacle (gasos que componen l'atmosfera retenen part de l'energia emesa per el sol després d'haver estat escalfats per la radiació

solar.), originat a partir de les activitats humanes com la desforestació, la crema de combustibles fòssils.(2) Les emissions de gasos d'efecte hivernacle causades per la crema de carbó, petroli i gas representen el 60% de la petjada ecològica de la humanitat en el planeta.

3.1.2. Raons econòmiques i estratègiques

Una economia que es basa en el consum de recursos energètics fòssils finits veurà compromesa la seva competitivitat segons els canvis de preu que experimentaran les matèries primeres. Per altra banda, estratègicament, on en el cas dels països que necessiten cobrir les seves necessitats energètiques amb una forta dependència d'aquestes matèries primeres de l'exterior, pot afegir un inconvenient més que es tracta de la interrupció de subministrament davant de eventuais situacions diverses.

3.1.3. Raons socials

El model energètic actual no permet l'accés a formes avançades d'energia a 2000 milions de persones amb les implicacions negatives que comporta en termes de desenvolupament humà i de potencial de creixement econòmic. Una quarta part de la població mundial consumeix les tres quartes parts del total de l'energia primària en el món.(3)

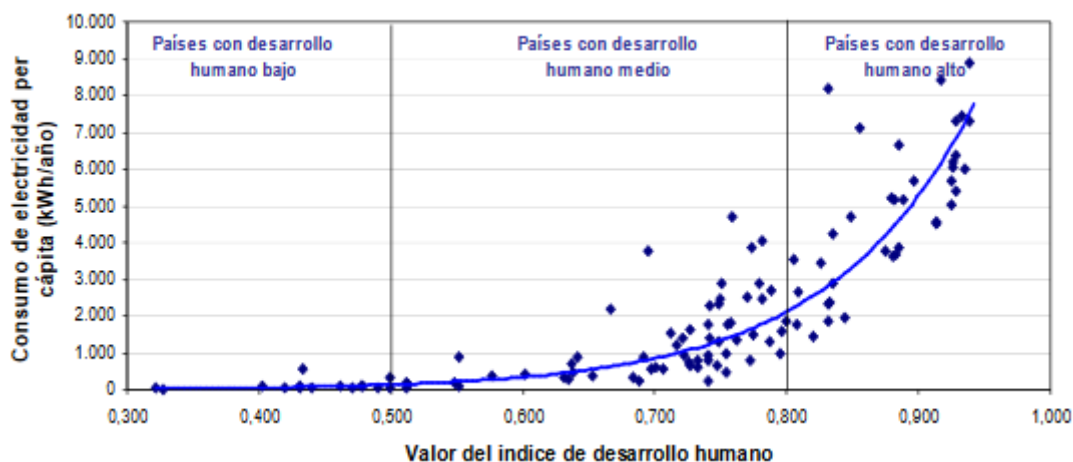


Figura 1: Relació entre l'índice de desenvolupament humà i el consum elèctric per hàbitat en el món. Font: COMILLAS

Existeixen diferències abismals entre el consum d'energia per habitant entre països desenvolupats i la resta com es pot observar en la figura 1.

3.2. El model energètic actual

L'ús indiscriminat dels combustibles fòssils en els anys setanta, fonts d'energia barates i "il·limitades" en aquell moment, va fer que el consum per càpita es multipliqués de manera molt considerada al llarg d'uns pocs anys. A més, la població mundial va patir un creixement molt important, fet que va induir a la gran crisi econòmica del petroli dels anys 70, i en la que molts països industrialitzats es van adonar que aquest model energètic basat en combustibles fòssils no era sostenible.

El model energètic actual a Espanya, i en gran part dels països desenvolupats, es basa en el creixement constant del consum energètic, produït per la mentalitat consumidora de la societat, i que es basa en recursos finits, principalment provinents de combustibles fòssils, com productes petrolífers, importats pràcticament en la seva totalitat, fa que hi hagi una gran dependència energètica.(4) A Espanya aquesta dependència energètica és més elevada que la mitja europea. El sector energètic espanyol té principalment tres factors o problemes a tenir en consideració:

- a) **Un consum energètic per unitat de producte interior brut més elevat.** Espanya consumeix més energia que la mitja d'europaus per produir una mateixa unitat de producte interior brut. La conscienciació de la ciutadania i la indústria en vers a la importància de l'estalvi i l'eficiència energètica, són un factor clau per a millorar aquest aspecte.
- b) **Elevada dependència energètica.** Com ja s'ha comentat amb anterioritat, al conjunt de la Unió Europea hi ha escassetat de recursos d'energia primària procedents dels jaciments fòssils. Lo que introdueix el terme de dependència energètica, en la que es crea una necessitat de matèries primeres que generen riscos addicionals al procés productiu, garantia de subministrament o la volatilitat del preus segons mercats internacionals.

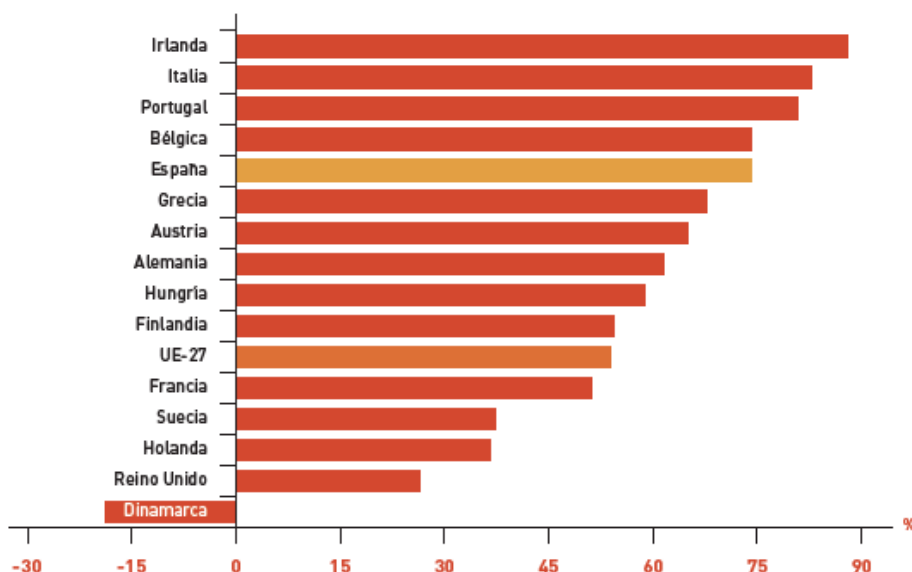


Figura 2: Dependència energètica de diferents països d'Europa. Font: IDAE

- c) **Elevades emissions de CO₂.** L'augment en el consum, que ha produït un creixement en la generació elèctrica.

Per això és important augmentar en l'autosuficiència, en que es transformi el model energètic cap a un nou mix en el que el paper de les energies renovables sigui cada vegada més significatiu i sigui a llarg termini.

A més de la importància de la lluita contra el canvi climàtic, que esdevé un problema mundial, però que tant la Unió Europea com Espanya han de jugar un rol molt important. La necessitat immediata de reduir les emissions de CO₂ i gasos d'efecte hivernacle, per al compliment de diferents tractats internacionals com el Protocol de Kioto, fan que les font renovables d'energia siguin al capdavant de les propostes.

3.2.1. Evolució del consum energètic a Espanya

En termes d'energia final, des que Espanya es veu envoltada per la crisi econòmica, hi ha hagut una tendència decreixent en termes d'energia final, molt considerable en els primers anys, i que cada vegada aquest decreixement és menor, corresponent al creixement de l'economia.

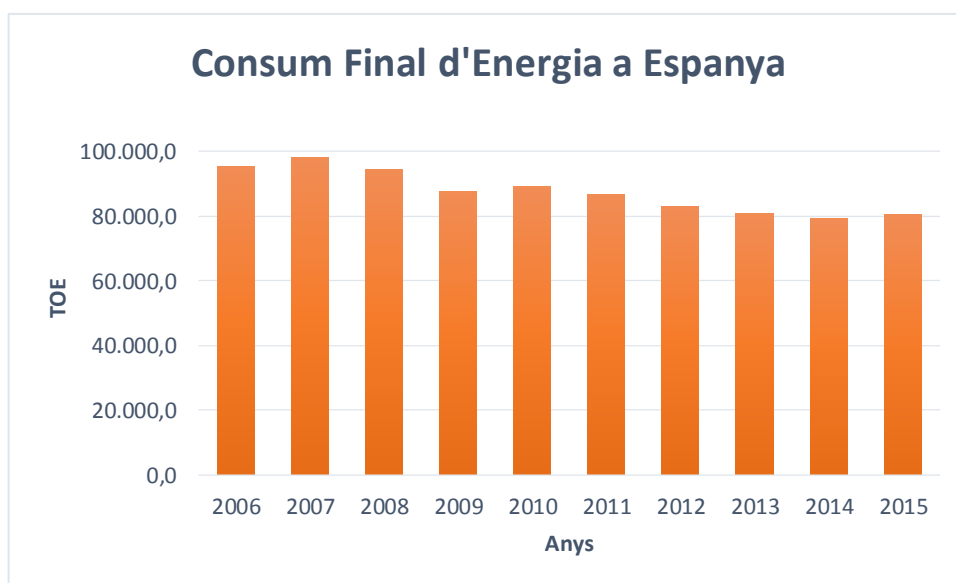


Figura 3: Gràfic de consum final d'energia a Espanya des del 2006 al 2015 en TOE

Observant el gràfic de la figura quatre es pot veure com la tendència en la reducció de la demanda d'energia final també s'observa en tots els sectors d'activitats que s'analitzen: transport, indústria, serveis i residencial.

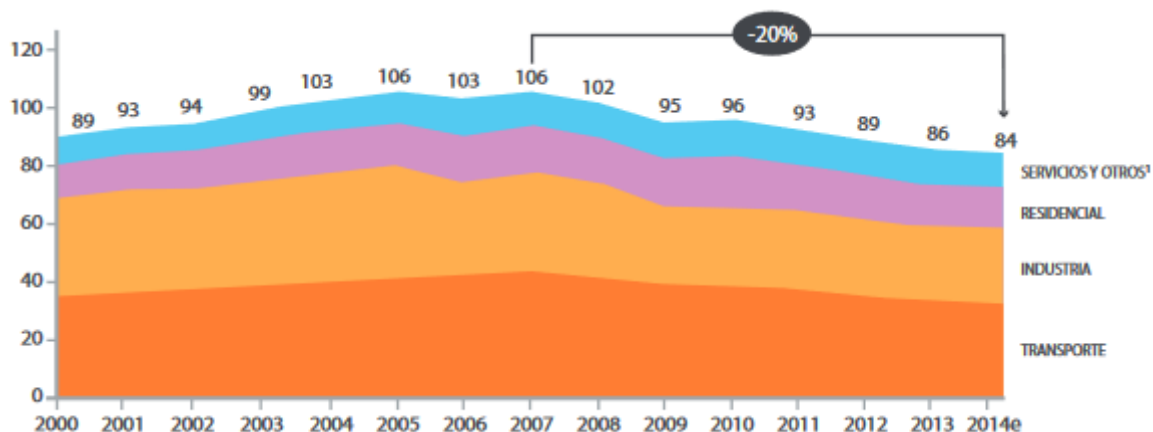


Figura 4: Desglossat del consum final per sectors a Espanya. Font: IDAE

En quant a la demanda bruta estrictament d'energia elèctrica a Espanya s'observa un creixement consecutiu de dos anys des del 2015, que no es produïa des de l'any 2008, coincidint amb la crisi econòmica que pateix el país. En la figura 4 s'observa com aquesta demanda s'ha anat atenuant de manera progressiva des de l'any 2010 fins l'any 2014, i en els dos últims anys ha patit un creixement. L'any 2016 va haver-hi un total de 249.980 GWh demandats, amb un creixement del 0,6% respecte l'any anterior, degut al creixement positiu del Producte Interior Brut del 3,2% respecte l'any 2015.(5)

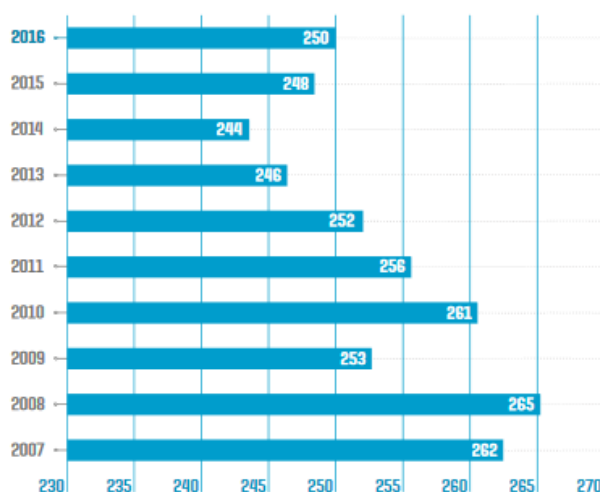


Figura 5: Evolució de la demanda bruta d'energia elèctrica, en TWh, en els últims 10 anys a Espanya. Font: REE

3.2.2. Producció d'energia elèctrica a Espanya

Pel que fa a la producció d'energia elèctrica a Espanya, es basa en un mix de diferents fonts. La evolució del paper de les energies renovables en la producció d'energia elèctrica és, sens dubte, un dels punts que més interès desperta. Les energies renovables, tot i les traves legislatives a les que 'han hagut de fer front en els darrers anys, han vist un creixement molt significatiu en la producció

total d'energia elèctrica, passant de ser el 21,3% de la producció a l'any 2007 a un 40,8% el passat 2016.(5)

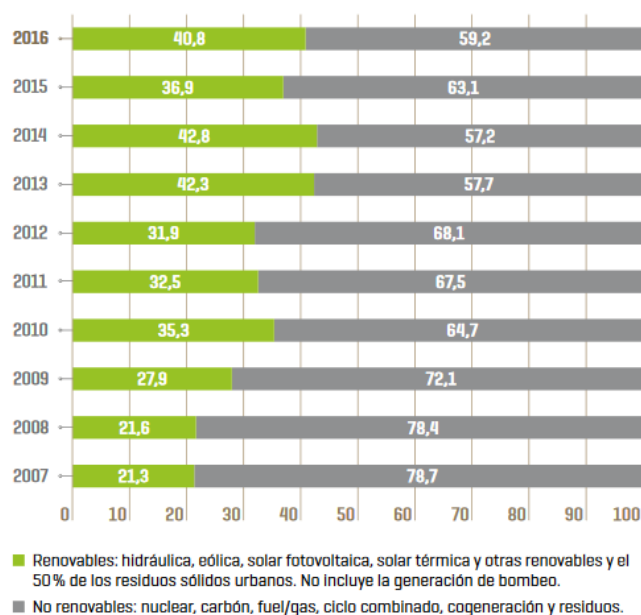


Figura 6: Evolució de la generació d'energia elèctrica renovable i no renovable. Font: REE

Pel que fa a les energies no renovables, la que juga, sens dubte, un paper més destacat és l'energia nuclear, que segueix sent la primera font de generació a Espanya. De l'any 2015 al 2016 ha vist com ha crescut la seva participació en el mix un 1,1%. El canvi més important que s'ha vist ha estat en les centrals de carbó, que han vist disminuir la seva aportació considerablement passant d'un 20,3% a un 14,4%, degut a la baixa de cinc unitats de producció de carbó que sumen un total de 932,2MW.(5)

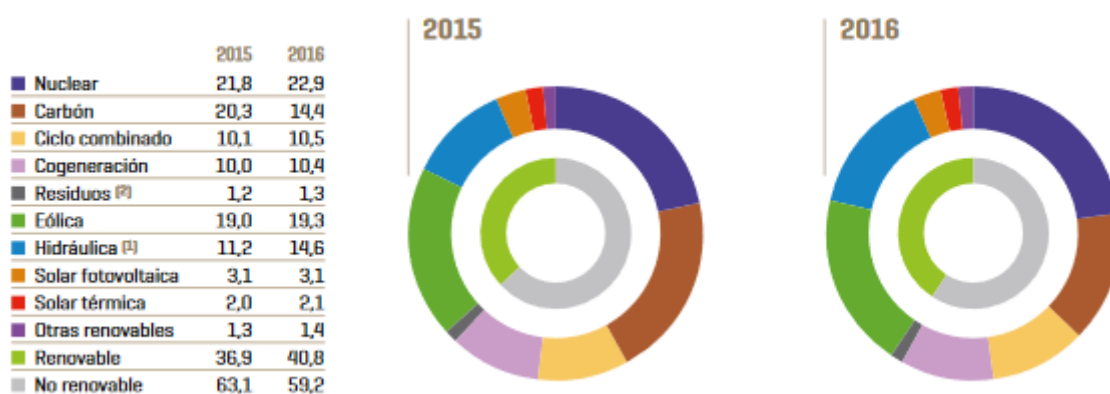


Figura 7: Estructura de la generació anual d'energia elèctrica a Espanya. Font REE

3.3. La transició energètica

El terme de transició energètica es refereix al canvi de corrent del sistema en quant a producció i consum d'energia, que depèn principalment de fonts d'energia no renovables com petroli, gas natural i carbó, cap a una combinació energètica més eficient i amb menys emissions de carboni.

Per aconseguir el repte de la lluita contra el canvi climàtic és indispensable una transició cap a un nou model energètic descarbonitzant el sector elèctric, en el que els pilars principals siguin les energies renovables, la eficiència energètica i el desenvolupament sostenible. No solament és necessari la clara implicació del sector elèctric de la economia sinó que també s'hauran de veure involucrades altres activitats econòmiques que facin una transició cap a una economia descarbonitzada, com el sector del transport.(6)

També és una activitat de la transició energètica una major electrificació dels diferents sectors, es a dir, la substitució de combustibles fòssils per una alimentació d'energia més neta i sostenible. Un dels sectors que té un major potencial d'electrificació és el del transport, en el que a més, s'han vist augmentades les emissions de gasos d'efecte hivernacle a Europa en els últims 20 anys un 20%.

La transició energètica no té sentit si la problemàtica del canvi climàtic i la necessitat de canvi de model no cala a la consciència dels consumidors i ciutadans, més enllà de les decisions polítiques de cada país. I això és així perquè passa per assumir com a inevitable una profunda reforma dels nostres hàbits de consum com són: ús de transport col·lectiu, estalvi en els consums d'energia i aigua de les llars, aïllament de les llars, selecció d'equips en funció de la seva eficiència energètica, etc.(7)

3.3.1. La petjada de carboni

La petjada de carboni és el concepte que s'usa per identificar l'impacte ambiental en forma d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) que deixa l'activitat humana. La unitat de mesura emprada són els kg de CO₂ equivalent. És la quantitat de CO₂ que s'aboca a l'atmosfera per produir un producte i per dur-lo al consumidor.(8)(9)



Figura 8: Imatge de la petjada de carboni. Font: Cloud Energy

Algunes accions senzilles que es poden aplicar:(10)(11)

- Carpooling (ús compartit del cotxe): Per anar a treballar, dur els fills a l'escola... s'ha de fomentar un ús més sostenible de l'automòbil privat, i amb aquesta iniciativa a l'abast de tothom s'aconseguiria reduir les emissions, i reduiríem la nostra petjada de carboni.
- Comprar únicament el que es necessita. D'un 20 a un 50% de tot el que comprem acaba a la brossa, des de aliments que no es consumeixen, fins a altres moltes coses que comprem i no necessitem. S'ha d'incentivar per a millorar aquest aspecte el consum de botigues de segona mà, les reparacions d'aparells que no funcionin.
- Consumir menys productes càrnics a diari. Gairebé el 70% de la petjada de carboni mundial prové de la indústria càrnica.
- Menjar menys productes processats.
- Comprar productes local, els anomenats de km 0, i productes que siguin de temporada. D'aquesta manera s'evita el transport de mercaderies i l'emmagatzemat, reduint la petjada.

- Tenint consciència dels aparells electrònics quan no estiguin en ús desendollar-los, apagant llums innecessàries a les nostres llars, posar rentadores quan la càrrega estigui complerta i rentant amb aigua freda...

La llista de aspectes que podem fer en el nostre dia a dia per millorar la petjada de carboni és infinita, però pot ser molt rellevant.

4. ANTECEDENTS DE POBLES AMB AUTOSUFICIÈNCIA ENERGÈTICA

En aquest punt es pretén reflectir com a altres llocs del món, la proposta de l'autosuficiència energètica en pobles, comunitats o barris d'una ciutat és una solució ja aplicada en molts casos i que dóna molts bons resultats.

A mesura que el món es transforma cap a un nou futur marcat per la disminució dels recursos i la preocupació de la degradació del medi, comunitats i pobles com els que s'exposen a continuació ens proporcionen exemples de com podem adaptar-nos amb èxit al nostre planeta canviant, i ens recorda que l'adaptació a un nou escenari és possible amb el suport combinat i la força d'una comunitat.

4.1. Feldheim

Feldheim és un petit poble alemany situat a 60 km de Berlín de 150 habitants en el que s'ha produït una autèntica revolució energètica pionera a tot el món. Aquesta població ha aconseguit una independència de generació i distribució energètica total basada en projectes renovables que subministren el 100% de l'electricitat i la calefacció del veïnat.

El projecte cap a un poble sostenible es va començar a teixir l'any 1995, quan un estudiant d'enginyeria va proposar la construcció de quatre turbines eòliques. Juntament amb l'empresa Energiequelle, Feldheim, va anar expandint els seus parcs eòlics fins a la quantitat actual de 47 turbines que generen anualment 140.000 megawatts per hora. A més, aquest petit poble, produeix més energia de la que necessita, i és per aquest motiu que el 99% de l'energia que es produeix en aquests parcs és venut al mercat energètic.

No solament aprofiten el vent de la població per a generar energia elèctrica, sinó que a l'any 2008 va entrar en operació una planta de biogàs que produeix 4,3 milions de kilowatts /hora, amb els que és possible calefactar tot el poble.

Qui s'encarrega de la gestió de la xarxa de calefacció i de la distribució elèctrica generada pels aerogeneradors és l'empresa fundada arran de les reunions públiques anomenat Feldheim Energie GmbH & Co. KG. Aquesta empresa va haver de fer front al finançament de la construcció d'una nova xarxa elèctrica que connectés els habitatges del poblat, 400.000€. A més el finançament per a la construcció de la xarxa de calefacció que ascendia a una xifra d'1,7 milions d'euros. Els habitants es van comprometre a realitzar aportacions per poder finançar el projecte amb l'ajuda de la Unió Europea i la regió de Brandenburg que va aportar un 50% dels costos. Per abonar la resta es va

demanar un crèdit a 15 anys on gairebé tots els habitants es van comprometre a realitzar els pagaments.

4.2. Schönauf

Schönauf és un municipi situat al districte federat de Baviera, a Alemanya que té un total de 5.423 habitants i està compost per sis pobles. La principal activitat econòmica d'aquesta regió és el turisme.(12)

Com a reacció de l'accident nuclear de Txernòbil l'any 1986 va néixer una iniciativa ciutadana en aquest municipi amb una clara vocació a canviar el sistema elèctric alemany cap a un sistema basat en les energies renovables i la participació ciutadana. Estaven decebuts i enutjats amb el govern, que no havia reconegut el problema i tot continuava com abans. Es van començar a informar sobre l'energia nuclear i altres fonts alternatives, entrevistant-se amb expert.

Tot va començar amb un petit grup de ciutadans afectat que organitzava actes de conservació d'energia, amb l'objectiu principal de boicotejar l'energia nuclear, de la manera més fàcil, promovent l'estalvi d'electricitat, reactivant petites centrals hidroelèctriques d'aigua i instal·lant, per ells mateixos, plaques solars a les seves llars. Com era d'esperar, van haver-hi certs problemes amb l'operador local de la xarxa elèctrica que es va oposar a les seves activitats. El conjunt de ciutadans, mitjançant un referèndum local va obtenir la concessió per a la pròpia xarxa elèctrica per fer-se càrrec del subministrament elèctric. Els ciutadans disposaven de quatre anys per establir una proposta alternativa i demostrar que eren capaços de proporcionar al poble sencer una solució de producció elèctrica.



Figura 9: Imatge del poble de Schönauf, a Alemanya

La EWS (Elektrizitätswerke Schönau), és una empresa d'utilitat cooperativa que es va fundar pels ciutadans amb les que gestionen i proporcionen energia, de caràcter renovable, a la comunitat local. Aquesta cooperativa ha anat creixent al pas del temps, sent un proveïdor d'electricitat a tot Alemanya, i en la que a més de produir energia a partir de fonts renovables, també són una cooperativa políticament activa amb la defensa de la revolució energètica.

La gent havia lluitat durant molts anys per aconseguir una font d'energia alternativa per al seu municipi, però ara es trobaven amb un gran problema: la compra local de la xarxa elèctrica per poder operar amb ella. El titular d'ella demanava per la xarxa un valor de 8,7 milions, però mitjançant un taxador extern contractat per l'EWS es va arribar a la xifra de 4 milions. Aquesta quantia de diners va suposar un gran repte al que es van veure implicats, i en el que havien de demostrar que serien a l'altura de les circumstàncies per guanyar-se el reconeixement dels qui negaven les seves intencions. Mitjançant l'ajuda d'agències publicitàries i vàries campanyes, amb eslògans molt atractius com el que es veu a la imatge de la figura 10, i actes que van arribar a molts activistes i gent que, no només els recolzaven de paraula, sinó que també en quantitats de diners. A més es va establir un fons al banc GLS, orientat èticament.(13)(14)



Figura 10: Eslògan publicitari "Ich bin ein Störfall", sóc un incident.

Així, al mes de març de l'any 1997, EWS va assumir el subministrament d'electricitat a Schönau, proporcionant a la població una producció verda.

Des de 2009, EWS s'ha convertit en una cooperativa amb 5.000 membres, donant feina a 100 empleats i subministrant electricitat a 170.000 clients. EWS també treballa amb altres comunitats que lluiten contra la descentralització dels mercats energètics dirigint una lluita pel dret de les comunitats a concedir concessions i pel dret de l'ecologia i la participació ciutadana.

4.3. Gussing. Àustria

Gussing és una localitat de l'est d'Àustria de 3.660 habitants. L'any 1998 era una de les regions més pobres d'Austria amb una població de 27.000 habitants. No hi havia infraestructura de transport i les taxes d'atur eren molt elevades, fet que va provocar que dos terços de la població emigres per buscar ofertes de feina. Degut a la falta d'infraestructures i connexions, els costos energètics eren extremadament elevats, havent de pagar una quantitat de 8.1 milions de dòlars anuals per combustibles fòssils. Aquests 8 milions de dollars es podrien quedar en la economia local mitjançant els propis recursos energètics, per generar la seva pròpia energia.

La primera mesura que es va prendre per aconseguir el seu objectiu va ser la reducció de l'energia, començant per reduir el consum energètic en els edificis públics i poc a poc implantant mesures en les empreses privades i a particulars, amb l'ajuda d'una constant inversió anual en creació d'infraestructures energètiques. L'any 1990 es va implantat un programa d'eficiència energètica que reduïa la factura elèctrica en gairebé un 50%.⁽¹⁵⁾

Els començaments del poble cap a una energia autosuficient es van centrar en la producció de calor. La comunitat estava rodejada per 133 ha de boscos, cosa que es va veure com a una oportunitat per a un actiu renovable. L'any 1992 es va construir una planta de biomassa que escalfava l'equivalent a 27 llars. Al 1996 la planta es va expandir incrementant la producció a nivell tals que proporcionaven calor al poble sencer. 1998 semblava que la gran dependència externa dels combustibles fòssils exportats era una cosa del passat, en el que les líders havien identificat una metodologia per convertir els seus recursos de fusta en electricitat.

La comunitat va impulsar una nova tecnologia que utilitzava el vapor per crear forma alternativa de gas natural a partir de la fusta, en la que aquest gas es podia utilitzar a les plantes generadores d'electricitat. Mitjançant la implementació de tecnologies que converteixen les fonts renovables de les que disposen, com la fusta, en calor i energia el poble de Güssing va ser capaç d'eliminar completament la necessitat de combustibles fòssils en la seva comunitat. Güssing havia aconseguit la independència energètica.

Avui dia el poble de Güssing ha crescut considerablement i és posat com a un exemple on les diferents maneres en les que l'energia renovable pot reforçar una economia local i restaurar la vida a una comunitat que estava morta. A més han aconseguit tallar les emissions de carbó en un 90%, sent el primer poble de la Unió Europea en fer-ho.

4.4. Freiburg, Alemanya

Freiburg, que l'anomenen la ciutat assolellada d'Alemanya, és una població d'Alemanya de 220.000 habitants i 155 km² de superfície localitzada al sud-oest d'Alemanya, prop les fronteres entre França i Suïssa. Històricament ha estat una ciutat que promou les solucions solars i els sistemes sostenibles ja una de les més experimentades companyies de tecnologia solar té la seva seu aquí. La companyia produeix 800.000 mòduls per solucions fotovoltaïques a l'any que venen a països com França, Itàlia i òbviament, Alemanya.(16)

La política energètica de Freiburg té tres pilars bàsics: estalvi energètic, tecnologies eficients i fonts d'energia renovables. A més l'any 1992 també es va modificar els estàndards de disseny d'edificis de nova construcció, per a que no utilitzessin més de 65 kWh de calefacció d'energia per metre quadrat, mentre que l'estàndard nacional era en 75.

El més novedós projecte a Freiburg és la caldera de biomassa que s'ha instal·lat en la que cremant 5.000 tones de pèl·lets de fusta s'estalvien 5.500 tones de CO₂ al any.

L'energia geotèrmica és la que ajuda a la comunitat a climatitzar un edifici de 6000 metres quadrats de superfície, mantenint-los calents a l'hivern i freds a l'estiu.

És per això que des del govern s'han proporcionat subvencions per a la reducció del consum energètic, que va suposar del 38% per edifici amb les mesures implementades com l'aïllament domèstic.

Al voltant del 50% de l'electricitat de Freiburg es produeix amb CHP (plantes de cicle combinat), en comparació amb només el 3% l'any 1993.

Les energies renovables que estan a disposició de Freiburg inclouen l'energia solar, l'eòlica, la hidràulica i la biomassa.

L'energia solar, és amb diferència, el recurs renovables més important a la ciutat. Freiburg acull unes 400 instal·lacions fotovoltaïques tant en edificis públics com privats entre els que destaquen:(17)

- Una façana de 19 pisos de l'estació principal de tren
- El sostre del centre de convencions
- El sostre de l'estadi de futbol
- La fàbrica solar (SolarFabrik)
- El "Heliotrope", una estructura que gira per seguir el sol
- El sostre de les oficines de gestió de residus de la ciutat i el seu centre de reciclatge

- El ja comentat barri de Settlement

Al barri de Settlement, constituït per 59 habitatges dividits en una àrea de 11.000 m², conta amb panells fotovoltaics col·locats en la direcció adequada per rebre l'energia solar provinent de les mes de 1.800 hores de sol que té a l'any. Els costos d'aquestes cases son d'almenys 230 € per metre quadrat, però tot i un alt preu de compra inicial, aquestes cases son econòmiques d'altres maneres. Per exemple, calefactar una casa com les d'aquest barri a qualsevol altra localitat alemanya pot costar fins a cinc vegades més. A més, molts poden arribar inclús a guanyar diners amb l'energia que generen, ja que el sistema energètic alemany permet l'anomenat balanç net, en el que la generació privada d'energia pot ser abocat a la xarxa a uns preus proposats pel govern.



Figura 11: Barri de Settlement a Freiburg, Alemanya. Font: Plusenergiehaus

És un barri en els que els principis de sostenibilitat i medi ambient hi són molt presents en el dia a dia del veïnat; les cases estan construïdes amb materials ecològics, els seus habitants es mouen a peu o en bicicleta i reutilitzen l'aigua de la pluja.

La solució solar genera un total de 420.000 kWh d'energia solar fotovoltaica amb una potencia total de 445kW pic per any. L'arquitecte que dissenyà tot aquest entremat és Rolf Disch, qui assegura uns estalvis anuals de 200.000 litres de petroli i 500 tonelades de CO₂.

4.5. Regent Village

ReGen Village és una startup de desenvolupament amb l'objectiu de construir petites comunitats residencials i autosostenibles arreu del món. Com el seu nom indica, Els pobles i comunitats de ReGen serien regeneratives, ja que farien ús dels recursos disponibles en un cicle tancat, "on les entrades d'un sistema fossin les sortides d'un altre", tal i com va dir el fundador de ReGen James Ehrlich.(18)

Aquests habitatges es centren principalment en tres grans punts d'autogestió:

- La gestió dels residus.
- La producció d'aliment
- La producció d'energia.

La primera s'espera que estigui completada l'any a Almere, un barri a vint minuts del centre d'Amsterdam, que encara no ha rebut els primers habitants i que s'esperen per aquest 2018. La segona localització de la que se n'espera a l'equip de ReGen es troba a la població de Lund, a Suïssa, però esperen poder construir molts més barris com aquests en llocs com Dinamarca, Noruega, Alemanya i Bèlgica.

Els pobles dissenyats per la companyia ReGen aportaran als seus residents un entorn completament respectuós amb el medi ambient com a alternativa a la vida urbana, on els habitants estiguin rodejats de tot tipus d'arbres fruiters i conreus per on passejar i gaudir. A més podran beneficiar-se de ser comunitats suficients energèticament quan, per exemple, hi pugui haver un problema ambiental que afecti al subministrament d'energia, ja que podrien continuar generant-la si la xarxa quedés compromesa.

És evident que no tots els pobles que es puguin desenvolupar amb aquest disseny puguin ser capaços de produir per si mateixos tot l'aliment necessari per a la seva població, ja que dependrà de molts factors; com el clima, o la pròpia alimentació dels residents. Però s'espera que al menys cada poble pugui arribar a produir el 50% d'aliment fresc per a les necessitats dels residents. Per altra banda, si hi hagués un excés de producció alimentària podrien vendre-la a altres comunitats i aconseguir treure-li profit.

Cap a l'any 2050 prop de 10 bilions de persones viuran al planeta terra, requerint urgentment la necessitat d'uns habitatges regeneratius i un desenvolupament comunitari. L'aigua, les fonts d'aliments saludables i l'escassa terra cultivable ja són a la Vanguardia dels problemes mundials que s'han de veure abordats.(19)

5. EL POBLE DE BOLVIR

5.1. Informació del poble

Bolvir és un municipi de la comarca de La Cerdanya, província de Girona. El terme municipal té una extensió de 10.61 i està a una altitud de 1.145 m.

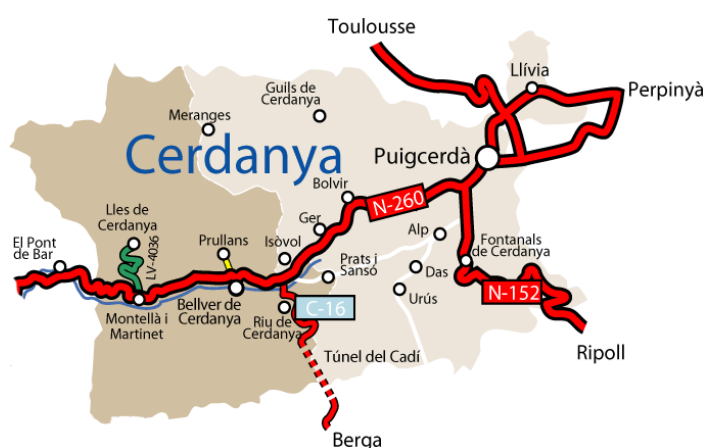


Figura 12: Mapa de Cerdanya. Font: Turismedia

Els límits del municipi són al nord amb Guils de Cerdanya, a l'est amb Puigcerdà, al sud amb Fontanals de Cerdanya i a l'oest amb Ger. Es troba molt proper a la frontera francesa i sobre uns terrenys d'una zona molt solejada denominada La Solana. Es tracta d'una població rica en aigües, irrigat per diferents rius com el Segre, el Querol o l'Aravó.

La població de Bolvir de la Cerdanya l'any 2017 és de 380 habitants. Té una superfície de 10.34 km².(20)

Població	380
Superfície (km²)	10,34
Altitud (m)	1.145
Longitud(°)	1,882414
Latitud(°)	42,419561

Taula 1: Informació general del poble de Bolvir. Font: IDESCAT

5.1.1. Sectors econòmics

El poble de Bolvir, com la gran part de la zona de la Cerdanya, l'economia tradicional es basava en l'agricultura, la ramaderia i l'explotació forestal. Però amb el pas del temps i la industrialització de la zona un dels sectors econòmics que va patir més creixement va ser el de la indústria tèxtil, fustera i la construcció. A més, contant que és una població de la zona dels Pirineus Catalans, és un destí molt turístic per el seu clima, activitats dirigides de muntanya, els seus paisatges i la seva proximitat amb diferents estacions d'esquí, i és per això, que la major part de la població activa de Bolvir es centra en el sector terciari.(20)

ALLOTJAMENTS TURÍSTICS	BOLVIR	CERDANYA	CATALUNYA
Hotels	2	57	2.941
Places d'hotels	88	3.007	306.691
Càmpings	0	7	348
Places de càmpings	0	4.524	268.842
Turisme rural	3	55	2.367
Places de turisme rural	14	385	18.737

Taula 2: El sector turístic a Bolvir, comparat amb la Cerdanya i Catalunya. Font: IDESCAT

El sector residencial a Bolvir està molt marcat per a les segones residències. Com es pot veure a la següent taula el nombre de llars de segona residència és molt més elevat, per ser un destí d'oci. Aquest fet provocarà que el consum de Bolvir sigui més elevat de l'habitual per a les persones que hi son empadronades, i tot i no saber exactament la quantitat de gent que hi pot arribar a viure, amb aquestes dades d'habitatges es pot tenir una lleugera idea.(20)

HABITATGES I LLARS	BOLVIR	CERDANYA	CATALUNYA
Principals	166	7.665	2.944.944
Secundaris	578	11.353	470.081
Buits	28	2.168	448.356
Total	772	21.186	3.863.381

Taula 3: Repartiment d'habitatges a Bolvir, comparat amb la Cerdanya i Catalunya. Font: IDESCAT

5.1.2. El Clima

El clima a la zona de Bolvir és en general temperat i càlid, però amb precipitacions significatives al llarg de tot l'any, que en els mesos d'hivern es transformen en neu per la seva altitud. El mes de juliol és el més càlid amb unes temperatures de 23,2°C, i el més fred és el mes de febrer on les temperatures arriben a cotes de sota zero i la mitja és de 2,3°C.(21)

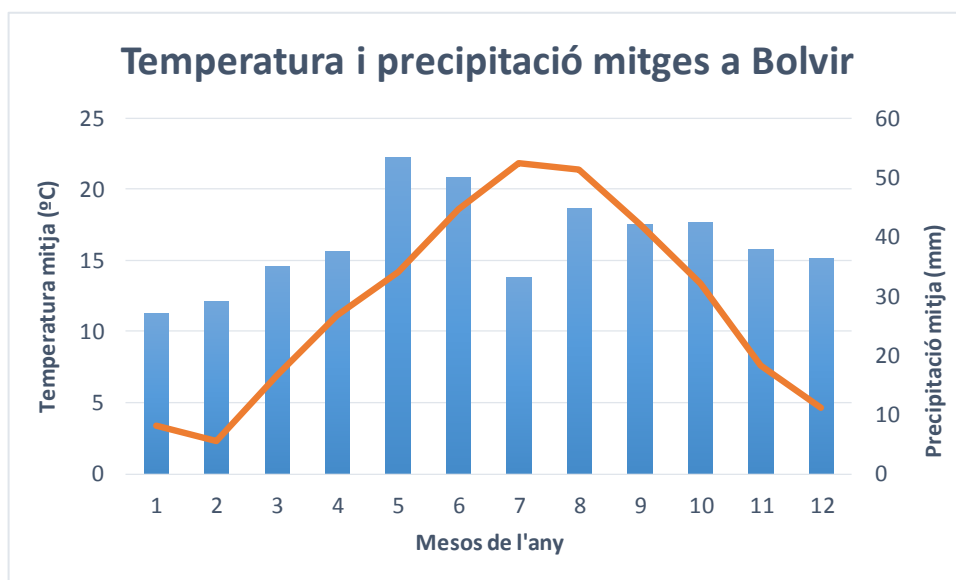


Figura 13: Gràfic de temperatura i precipitació mitges al poble de Bolvir.

5.1.3. Consum elèctric a Bolvir

Primerament, s'han de conèixer els consums elèctrics de la localitat de Bolvir per entendre les necessitats energètiques a les que s'hi adrecen.

La taula mostra el consum elèctric i de gas natural anual de Bolvir en el període del 2010 al 2014, en kWh. El consum s'ha desglossat per sectors d'activitat econòmica, i són els següents: primari, industrial, construcció i obres públiques, terciari i usos domèstics. En el sector primari es recullen aquells consums extrets d'activitats relacionades amb l'agricultura, la ramaderia, la mineria, o l'explotació forestal.(22)

Consum [kWh]	2010	2011	2012	2013	2014
TOTAL	6.285.894	6.118.139	5.930.291	5.595.751	5.353.045
Primari	52.256	46.042	62.403	62.313	54.979
Industrial	40.076	53.328	47.820	33.705	36.849
Construcció i obres públiques	34.400	62.899	145.918	80.462	45.411
Terciari	1.607.142	1.555.634	1.555.887	1.342.777	1.326.942
Usos domèstics	4.552.020	4.400.236	4.118.263	4.076.494	3.888.864

Taula 4: Consums per sectors d'activitats a Bolvir en els anys de 2010-2014. Font: ICAEN

El sector d'activitat on predomina el major consum d'energia és el sector domèstic i residencial que abasta un 72% del consum total al poble de Bolvir. Tot seguit, es troba el sector terciari, on s'hi poden trobar els allotjaments turístics de la zona amb una participació en el consum d'energia del 25%.

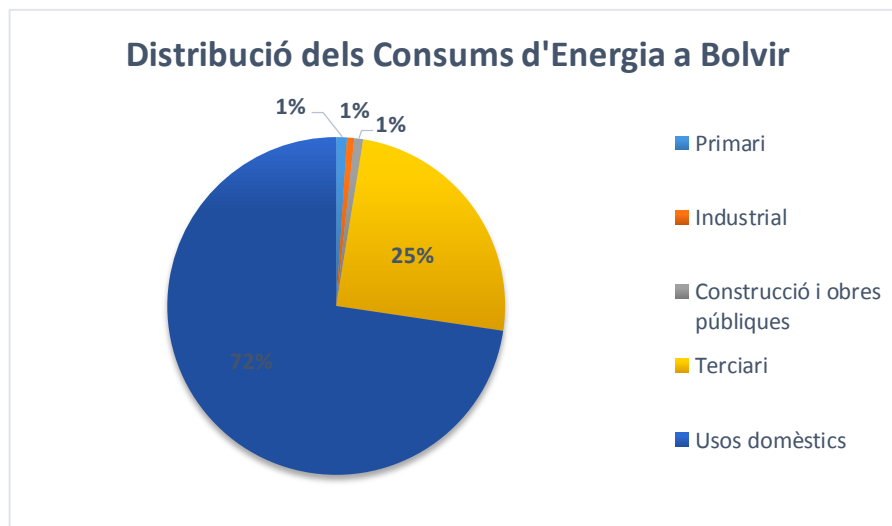


Figura 14: Gràfic amb la distribució de consums per sectors d'activitats. Font: ICAEN

La distribució de consums a tota Catalunya es mostra molt diferent a la del poble de Bolvir, predominant tres sectors: el de serveis o terciari, indústria, i el domèstic.

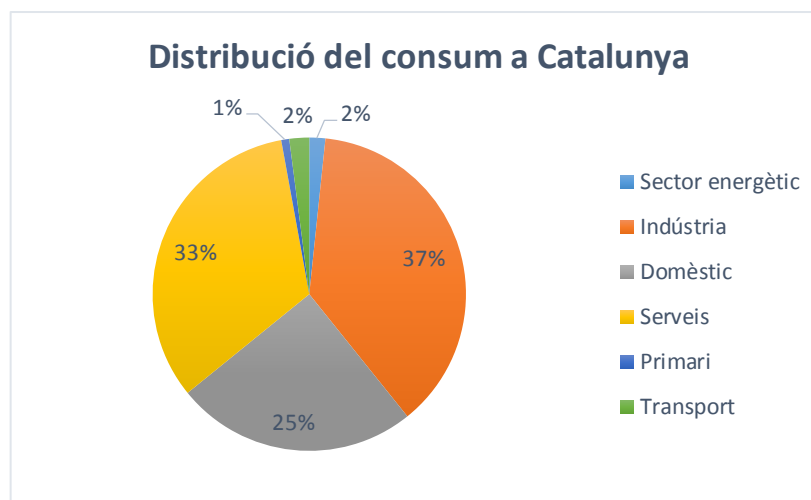


Figura 15: Gràfic amb la distribució de consums per sectors d'activitats a Catalunya. Font: ICAEN

5.2. Viabilitat d'aprofitament dels recursos naturals

Una vegada s'ha conegut el consum a Bolvir, es pretén estudiar els recursos naturals de la zona de Bolvir per tal de poder determinar les tecnologies adients per a desenvolupar un sistema que pugui ser autosuficient per a les necessitats energètiques d'aquesta localitat.

5.2.1. Recurs eòlic

Per a poder conèixer el recurs eòlic s'ha fet un estudi del comportament del vent a la localitat de Bolvir.

El vent a la zona de Bolvir, tal i com indica la figura 15 és D'UNS 4-4,5 m/s de mitjana. Ja es pot observar que aquesta velocitat de vent no és gaire elevada, fet que pot conduir a que la instal·lació d'un aerogenerador a la zona no sigui del tot adient i al no haver un bon potencial eòlic.

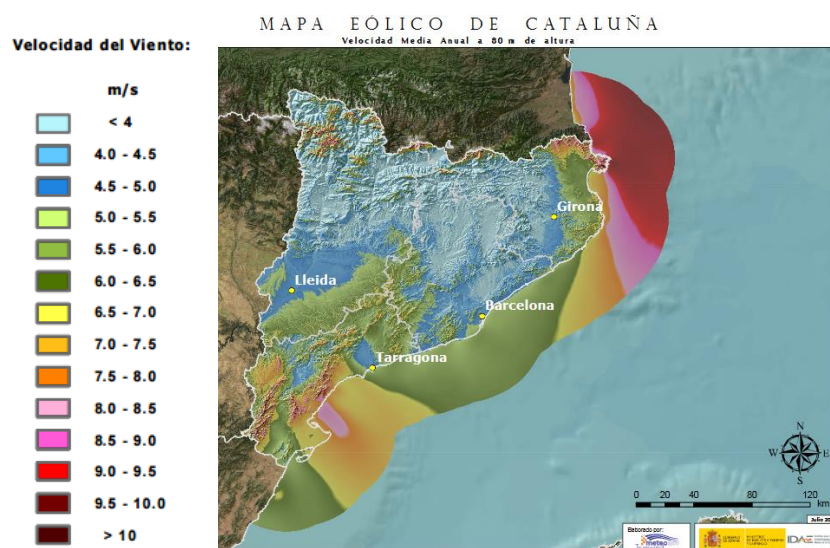


Figura 16: Mapa eòlic a Catalunya. Font: ICAEN

Però amb la dada mitja de vent anual no es pot arribar a desenvolupar un estudi més acurat sobre el vent i les possibilitats d'instal·lar-hi un aerogenerador. S'ha de procedir a fer un estudi del vent més primmirat.

La manera més ajustada per a obtenir el recurs eòlic a Bolvir és mitjançant el que s'anomena com a la distribució de Weibull. És una funció probabilística que depèn de dos paràmetres diferents per a cada localització: k el paràmetre de forma, i c el paràmetre d'escala. El paràmetre d'escala dona informació sobre l'amplitud de la funció i el paràmetre de forma afecta a la corba de la distribució.(23)

Els paràmetres per a Bolvir per a poder conèixer la distribució Weibull i veure el comportament del vent són: $k=1,605$ i $c=4,17$ (24).

L'equació de distribució de Weibull o la distribució de la velocitat del vent de Weibull en el que apareixen aquests paràmetres és amb la que es poden establir la freqüència amb la que es manifesta una velocitat de vent.(25)

$$P(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (1)$$

On la v són les diferents velocitats de vent, i k i c son els paràmetres de forma i escala comentats amb anterioritat. Es pot crear un gràfic en el que es veu la probabilitat de velocitat de vent:

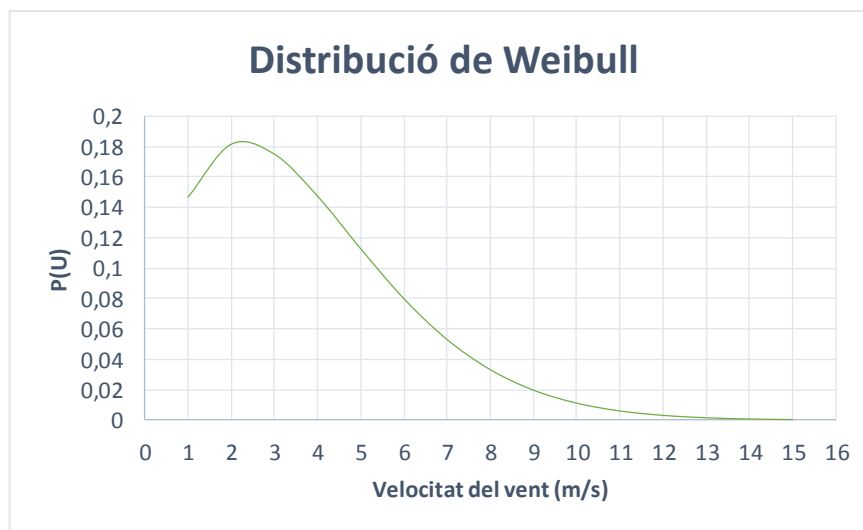


Figura 17: Distribució de Weibull per conèixer les velocitats de vent

Mitjançant aquesta funció, transformant la probabilitat en hores, podem conèixer quantes hores a l'any hi haurà per cada tipus de velocitat, i d'aquesta manera es podrà calcular l'energia que generarà l'aerogenerador escollit.

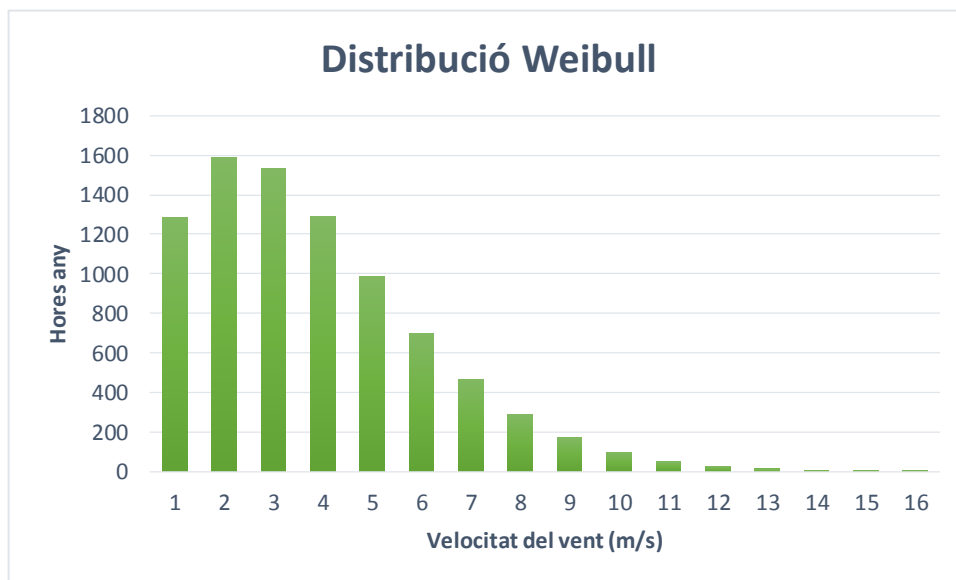


Figura 18: Distribució d'hores anuals de vent a Bolvir

5.2.1.1. Turbina eòlica

5.2.1.1.1 Turbina eólica de 2 MW

La turbina seleccionada com a aerogenerador per produir l'energia provinent del vent serà de l'empresa anomenada VESTAS, i el model és el V90-2.0 MW.

VESTAS V90-2.0 MW-		
Potència Nominal	MW	2
Velocitat cut-in	m/s	4
Velocitat cut-out	m/s	25
Diàmetre de rotor	m	90
Alçada de la torre	m	110
Sweapt area	m2	6.362

Taula 5: Característiques principals de la turbina eòlica VESTAS

Es tracta d'una turbina d'una potència de 2MW amb un rotor de 90 metres i una alçada de 110 metres. És una turbina que permet una notable capacitat i bon rendiment en llocs de baix i mig vent, llocs que podrien ser considerats poc viables per a l'aprofitament del recurs eòlic. Això és degut a la velocitat a la que l'aerogenerador comença a funcionar, la velocitat anomenada cut-in, de 4 m/s. Per

aquest motiu s'ha considerat que és una bona opció per l'emplaçament a estudi, Bolvir, que com s'ha vist a la figura 15, té unes majors velocitats de vent al llarg de l'any en el rang de 2-4 m/s.

5.2.1.1.2 Turbina eòlica de 3,2 MW

Es farà un segon plantejament de turbina. Aquesta vegada es seleccionarà una turbina més gran, de 3,45 MW de potència.

La turbina seleccionada en aquesta ocasió és de la mateixa empresa SIEMENS i el model és el SWT-3.2-113.

SIEMENS SWT-3.2-113		
Potència Nominal	MW	3,2
Velocitat cut-in	m/s	2,5
Velocitat cut-out	m/s	22
Diàmetre de rotor	m	113
Alçada de la torre	m	111
Sweapt area	m2	10.029

Taula 6: Característiques principals de la turbina ENERCON

Es tracta d'una turbina d'una potència de 3,2 MW amb un rotor de 113 metres de diàmetre i una alçada de 111 metres. És una turbina que, com veurem en el potencial eòlic, és molt eficaç. En aquesta turbina la velocitat a la que s'engega l'aerogenerador, cut-in, és de 2,5 m/s, cosa que es veu afavorit en indrets com el d'estudi, amb molta freqüència de vents de baixa velocitat.

5.2.1.2. Correcció d'alçada

Com la velocitat del vent varia amb l'alçada, s'haurà de corregir el fet que la turbina tingui una altura de 110m en les funcions anteriors, calculades per una alçada de 80m. Aquesta correcció es fa mitjançant un factor anomenat ch , i es calcula amb la següent expressió:(25)

$$ch = c \cdot \frac{\ln \frac{H}{z_0}}{\ln \frac{80}{z_0}} \quad (2)$$

- H: altura de la turbina
- z_0 : rugositat del terreny

La rugositat del terreny depèn del tipus de paisatge en el que es trobi l'aerogenerador. D'entrada no es sap quin serà el terreny escollit per a la instal·lació, tot i així s'agafarà un valor de rugositat intermedi corresponent a la classe de rugositat 2 per a terrenys agrícoles amb algunes cases a una distància de 500m.

Tabla de clases y longitudes de rugosidad			
Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad z_0 (m)	Índice de energía (%)	Tipo de paisaje
0	0,0002	100	Superficie del agua
0,5	0,0024	73	Terreno completamente abierto con una superficie lisa, p.ej., pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0,03	52	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos. Sólo colinas suavemente redondeadas
1,5	0,055	45	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 1250 m.
2	0,1	39	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 m.
2,5	0,2	31	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, o setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 250 m.
3	0,4	24	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos resguardantes, bosques y terreno accidentado y muy desigual
3,5	0,8	18	Ciudades más grandes con edificios altos
4	1,6	13	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos
Definiciones de acuerdo con el Atlas Eólico Europeo, WAsP.			

Figura 19: Taula de tipus de rugositat de terreny. Font: Monografias

5.2.1.2.1 Distribució de Weibull amb correcció d'alçada: Aerogenerador de 2 MW

A Bolvir a una alçada de l'aerogenerador de 110m i per una rugositat del terreny de 0,1 s'obté un factor de correcció ch de 4,369. Aquest valor serà el nou valor de C en els mateixos càlculs que s'han fet anteriorment per a trobar la distribució Weibull del vent.

La nova distribució Weibull es mostra a la figura 19. Si es compara amb l'anterior distribució es pot observar com ara la corba mostra una amplada més significant i el pic és menys pronunciat. Per tant, les probabilitats de tenir vent a velocitats de 1-8m/s s'han vist augmentades lleugerament.

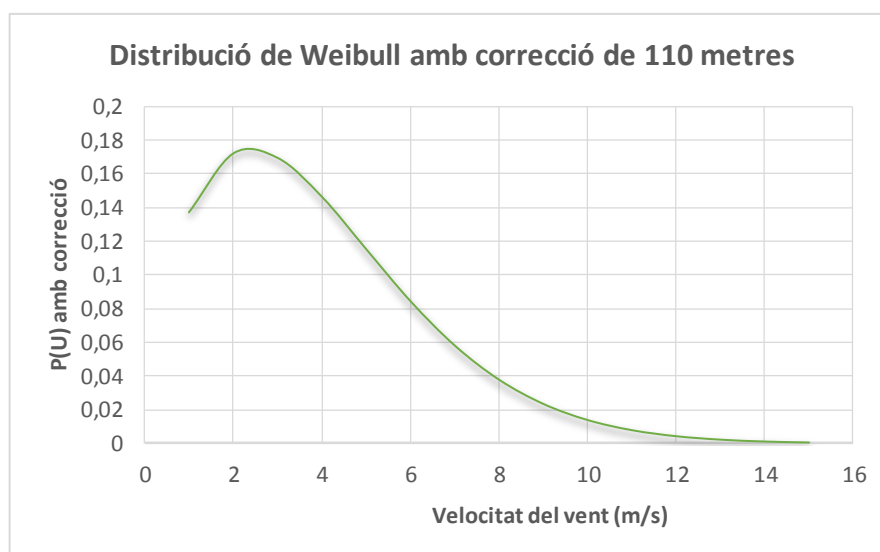


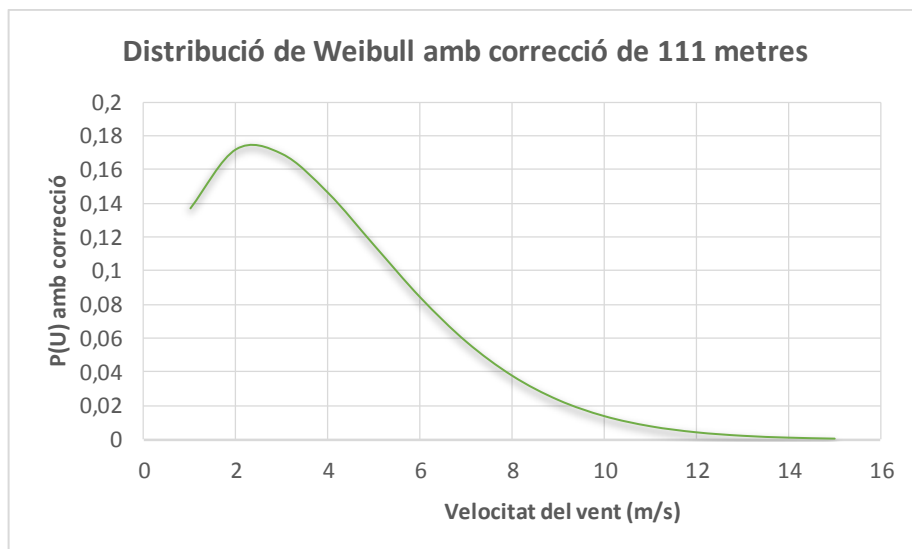
Figura 20: Nova distribució Weibull amb la correcció d'alçada a 110m

5.2.1.2.2 Distribució de Weibull amb correcció d'alçada: Aerogenerador de 3,2 MW

Ara amb una alçada de l'aerogenerador de 133 metres i la mateixa rugositat de terreny de 0,1 s'obté un factor de correcció ch de 4,373.

Com s'ha fet amb la turbina de 2MW, es torna a calcular la distribució de Weibull fent servir aquest valor trobat.

La distribució és pràcticament la mateixa que en el cas de la turbina de 2MW, ja que les alçades són gairebé les mateixes.



Taula 7: Distribució de Weibull per a l'aerogenerador de 3,2 MW de SIEMENS

5.2.1.3. Potencial eòlic

La potència aprofitable per a un aerogenerador ve donada per la següent expressió:(23)

$$P = \frac{\rho A v^3}{2} C_p \quad (3)$$

On:

- ρ Densitat de l'aire
- A àrea aprofitable de l'aerogenerador
- v Velocitat del vent
- C_p coeficient de potencia de l'aerogenerador

El valor de l'àrea és el que a la fitxa tècnica s'anomena swept àrea i té un valor de 9.503 m². La densitat és de l'aire a aquesta alçada de 110 metres és de 1.0942 kg/m³ i el valor típic de C_p és de 0.45.

5.2.1.3.1 Potencial eòlic de la turbina VESTAS V90-2.0 MW

Amb l'aerogenerador de 2MW per a cada velocitat la potencia aprofitable de l'aerogenerador serà:

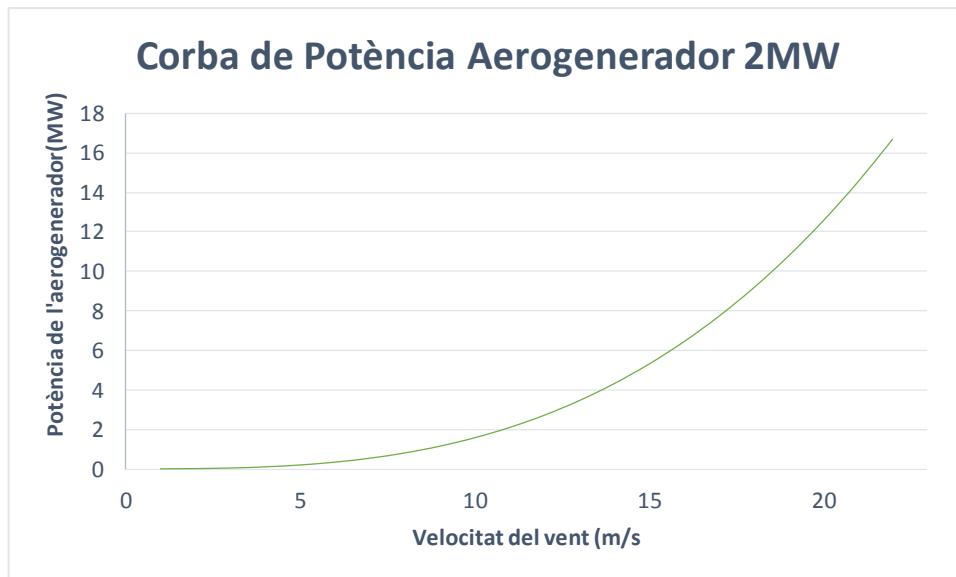


Figura 21: Corba de potencial eòlic de l'aerogenerador VESTAS a Bolvir

La velocitat anomenada cut-in és aquella velocitat on la turbina comença a girar i generar energia. Això és degut a que per velocitats de vent molt petites, el parell exercit per el vent sobre les pales és insuficient per fer-les girar. Aquesta velocitat en la turbina seleccionada és de 3m/s.

L'aerogenerador presenta una limitació de potencia anomenada potencia nominal, i una velocitat associada a aquella potencia anomenada velocitat nominal de sortida del vent. Quan el vent sobrepassa la velocitat cut-in ràpidament s'incrementa la seva potència. Per a una velocitat d'entre 12-17 m/s la potència arriba al límit en el que l'aerogenerador és capaç de fer per velocitats majors a aquesta, la turbina, gràcies al seu disseny, serà capaç de mantenir la potencia nominal i impedir que augmenti. La potencia nominal de la turbina seleccionada és de 2.000 kW.

La velocitat anomenada cut-off està especificada per evitar danys en l'estructura de l'aerogenerador quan la velocitat del vent augmenta. Es fa servir un sistema de frenats per portar el rotor a un punt mort. En la turbina seleccionada aquesta velocitat és als 20m/s.

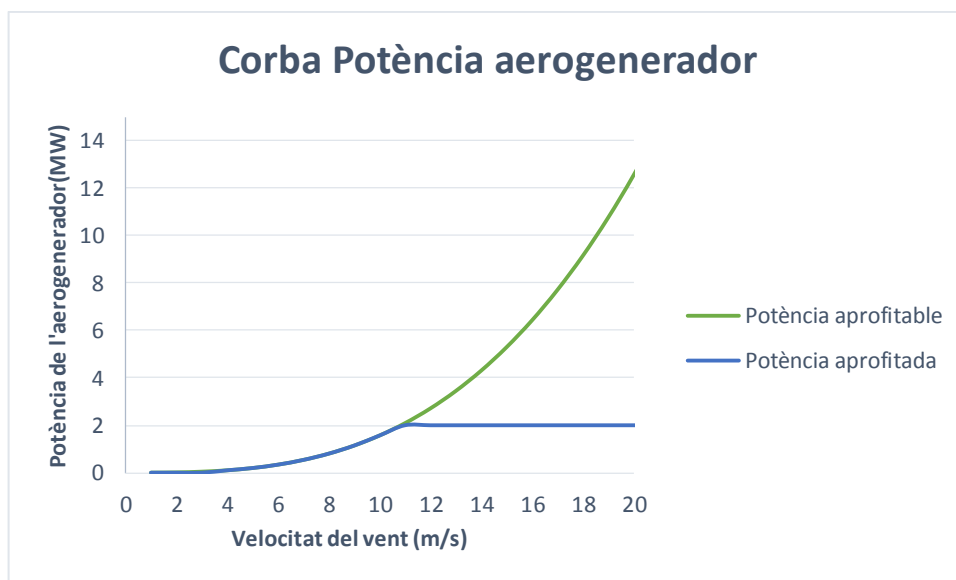


Figura 22: Corba de potència de l'aerogenerador VESTAS aprofitada i aprofitable

Ara amb la informació de la potència aprofitada per la turbina i les hores anuals de vent en la localització escollida es pot calcular quina és la quantitat d'energia que es pot extreure d'aquest aerogenerador al llarg d'un any (AEP).

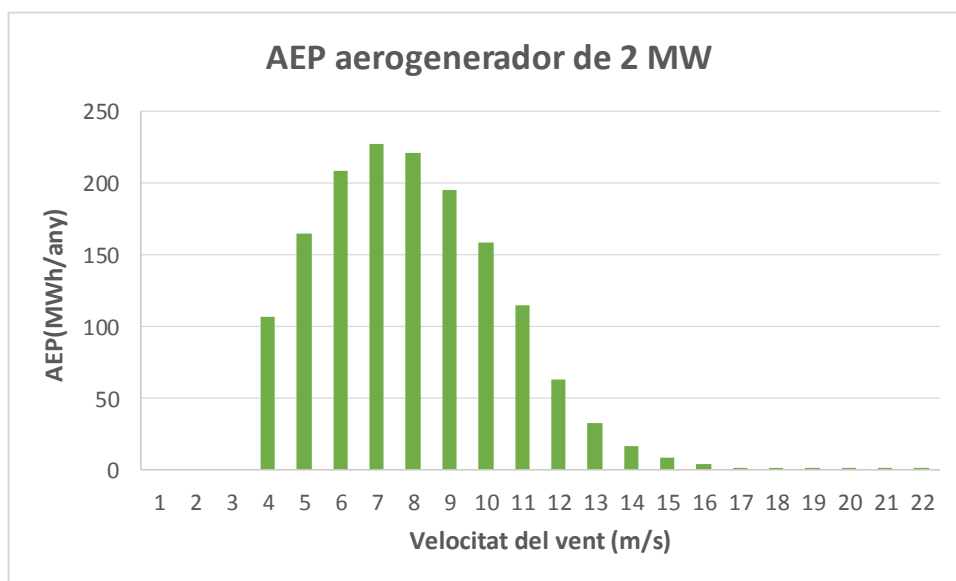


Figura 23: AEP o producció d'energia anual eòlica a Bolvir amb l'aerogenerador VESTAS

Amb l'aerogenerador VESTAS de 2MW s'obté una energia anual de 1.523,236 MWh. Si s'observa el consum a Bolvir arriba a 2.372,116 MWh/any, per tant amb un sol generador de 2 MW no seria suficient per les necessitats energètiques de l'indret. Si s'instal·lessin dos aerogeneradors de 2 MW es podria obtenir una energia de 3.046,47 MWh/any, ara si, més que suficient.

5.2.1.3.2 Potencial eòlic de la turbina SIEMENS SWT-3.2-113

Amb l'aerogenerador de 2MW per a cada velocitat la potencia aprofitable de l'aerogenerador serà:

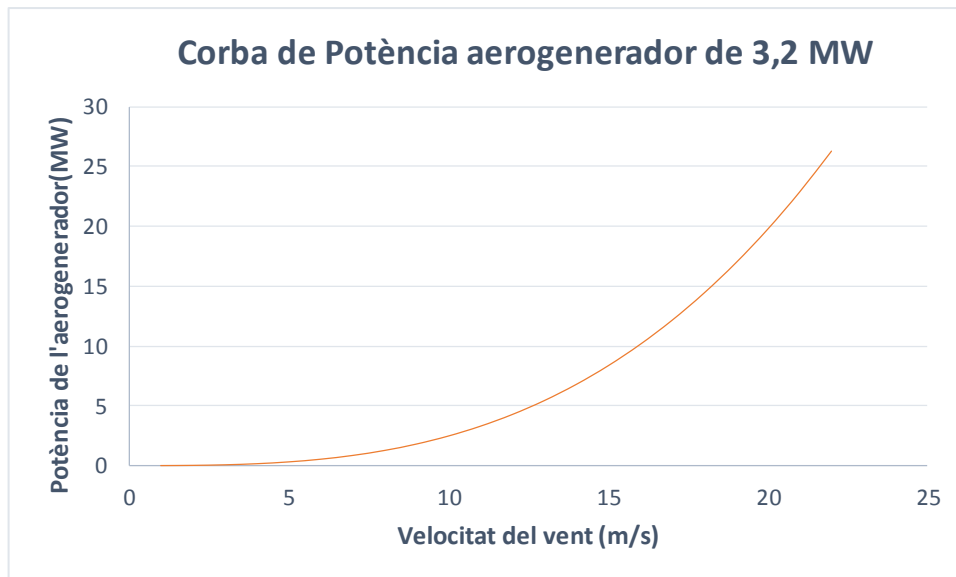


Figura 24: Corba de potencial eòlic de l'aerogenerador SIEMENS a Bolvir

Com amb l'aerogenerador VESTAS, si apliquem tots els criteris específics obtenim una corba molt diferent, marcada per les velocitats tant d'arrancada com de tall o de desconexió, i la potència nominal de la turbina.

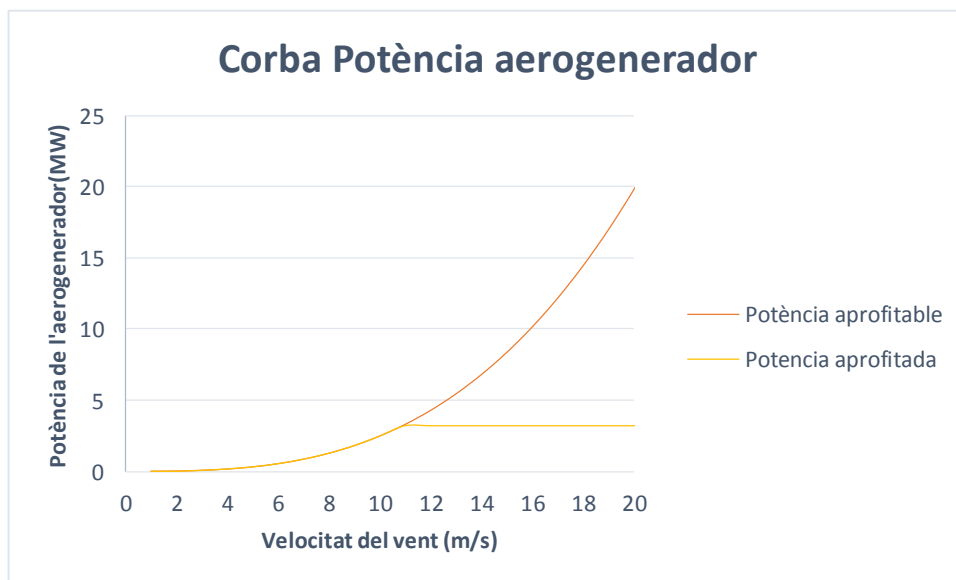


Figura 25: Corba de potència de l'aerogenerador SIEMENS aprofitada i aprofitable

Per trobar la quantitat d'energia aprofitable al llarg d'un any (AEP) calen les hores anuals de vent a Bolvir i la potència aprofitada anterior.

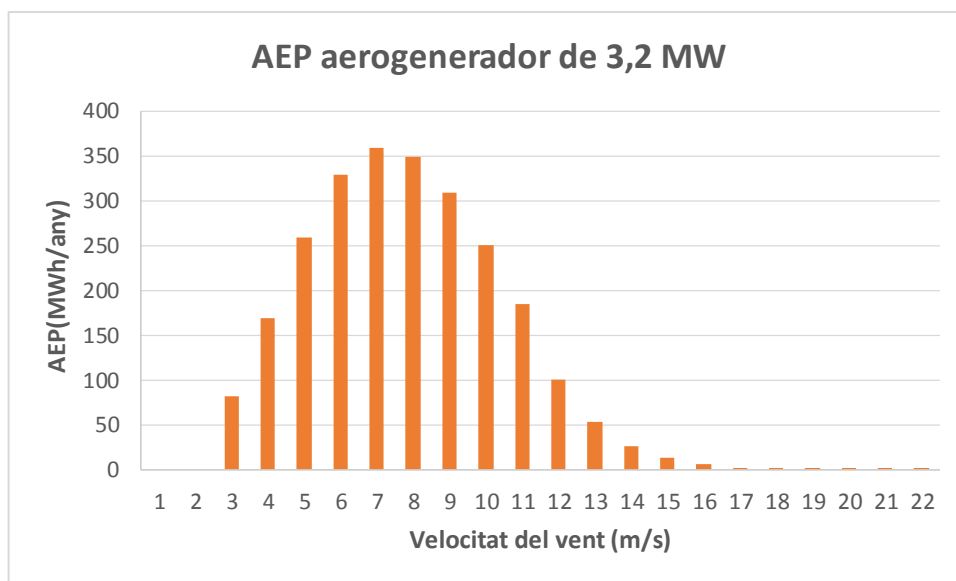


Figura 26: AEP o producció d'energia anual eòlica a Bolvir amb l'aerogenerador SIEMENS

Amb l'aerogenerador SIEMENS de 3,2MW de potència s'obté una energia anual de 2.495,77 MWh. El consum a Bolvir és de 2.372,116 MWh/any, i per tant, amb l'aerogenerador de 3,2 MW de potència seria suficient per abastir les necessitats energètiques del poble.

5.2.2. Recurs solar

Per a l'aprofitament del recurs solar s'ha estudiat la instal·lació d'un camp de captació solar amb panells fotovoltaics. Per tal de fer un estudi acurat de la viabilitat tècnica de l'aprofitament solar mitjançant panells fotovoltaics, primerament s'haurà de calcular el recurs solar disponible a Bolvir.

5.2.2.1. Estudi energètic

En aquest apartat es durà a terme un anàlisi del radiació solar a Bolvir. Com més acurat sigui l'estudi energètic d'aquesta font major podrà ser l'aprofitament i s'obtindran majors resultats.

Segons el mapa proporcionat per l'Atles de Radiació de Catalunya en una zona on la irradiació global diària, amb una mitjana anual, en MJ/m², el poble de Bolvir està situat a la zona de radiació solar de 15 MJ/m².

Observant les zones de radiació a Catalunya, Bolvir no es troba en la més adient per a l'aprofitament solar, però tampoc és la pitjor. A més les diferències entre les zones de més radiació i les de menys no són tant importants, fet que fa que a Catalunya l'aprofitament solar sigui una solució que es podria estendre per tot el territori amb bons resultats.

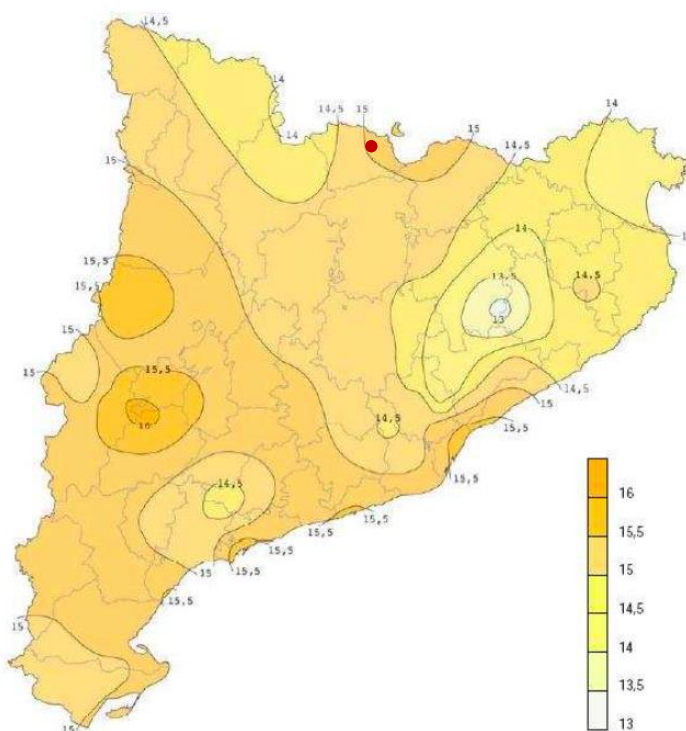


Figura 27: Mapa de radiació solar de Catalunya. Font: ICAEN

Mitjançant la localització del poble i utilitzant el programa PVGIS s'han pogut extreure les dades que permeten obtenir els valors de radiació durant un any meteorològic. Les coordenades que s'han fet servir han estat les corresponents a la zona de Bolvir:

- Latitud: 42,419561
- Longitud: 1,882414

5.2.2.1.1 Càlcul hores de sol al mes

La declinació

La declinació és un angle que determina la posició angular del Sol al migdia solar, que es correspon al moment en el que el Sol passa pel meridià en que estem respecte el Equador. És un valor que depèn del dia i del mes en que es calculi.

Utilitzant la formulació següent corresponent a l'equació de Cooper es pot trobar el valor de la declinació solar:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot (d_n + 284)}{365}\right) \quad (4)$$

On:

δ és l'angle de declinació, en graus.

d_n és el dia de l'any en el format del calendari julià

Angle horari

L'angle horari és el desplaçament angular del sol, cap a l'est o l'oest, respecte el meridià local que es produeix com a conseqüència principal del moviment de rotació de la Terra. Els valors d'aquest angle depenen de la hora del dia, sent negatius en les hores del matí i positius en les de la tarda.

Els angles horaris que s'han fet servir per al càlcul del recurs solar, però, han estat els angles de sortida del sol i els angles de posta de sol.

Angle de sortida del Sol

Com el seu nom indica, l'angle de sortida del sol es dona en el punt del primer raig de Sol del matí. El càlcul de l'angle es fa mitjançant:

$$w_0 = -\arccos[-\tan(L) \cdot \tan(\delta)] \quad (5)$$

On:

w₀ Angle de sortida del sol, en radians.

L Latitud de la central, en radians.

δ Angle de declinació, en radians.

Angle de posta del Sol

Aquest angle indicarà el moment en el que l'últim raig de Sol es produeix al vespre. El càlcul serà el mateix que en el de la sortida, sense el primer signe negatiu:

$$w_0 = \arccos[-\tan(L) \cdot \tan(\delta)] \quad (6)$$

Per tant, ambdós resultats numèrics són iguals, amb la diferència dels signes.

Hores de sol

Mitjançant el càlcul anterior de l'angle de sortida i posta de sol és possible trobar el moment en temps real d'aquest fet. És necessari conèixer la velocitat a la que gira la terra, i es pot calcular fent servir la següent expressió:

$$\Omega [h] = \frac{2 \cdot \pi}{24} = 0,2617994 \quad (7)$$

Hora de sortida del sol

L'hora de sortida del sol es calcularà:

$$t_0 = \frac{12 + \omega_0}{\Omega} \quad (8)$$

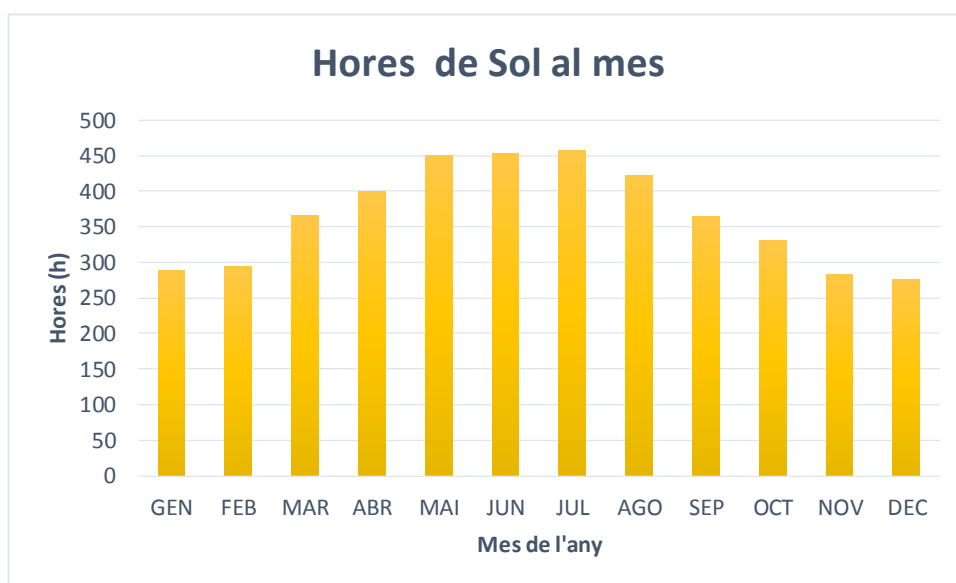
Hora de posta del sol

L'hora de posta del sol es calcularà:

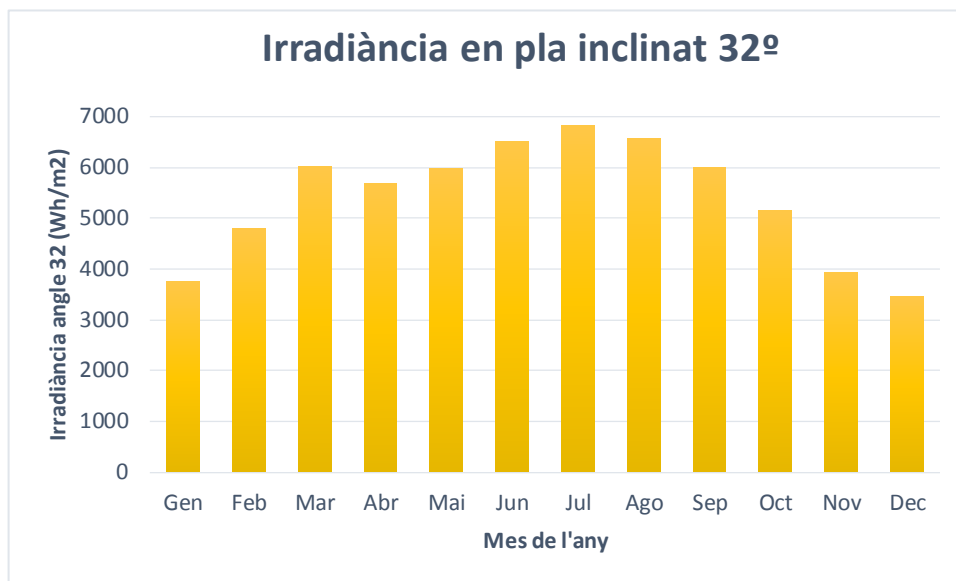
$$t_s = \frac{12 + \omega_s}{\Omega} \quad (9)$$

El total d'hores de sol serà la resta entre la hora de posta de sol i la de sortida de sol.

D'aquesta manera es pot obtenir les hores de sol en una dia típic a Bolvir per cada mes. Extrapolant els resultats a tots els dies de cada mes s'obté una visió de les hores solars anuals.



Es pot obtenir el gràfic d'irradiació solar amb l'angle òptim d'inclinació dels col·lectors de 32,97°.



5.2.2.2. Càlcul dels panells solars(26)–(29)

Una vegada coneguda la demanda energètica, tal i com s'ha estudiat en el apartat anterior es procedeix a realitzar els càlculs per obtenir el número de panells solars necessaris per a produir l'energia necessària per la demanda del poble de Bolvir.

5.2.2.2.1 Determinar la Tensió Nominal de funcionament de la Instal·lació

La tensió nominal de treball de la instal·lació la podem fixar en 48 o 120 V, ja que les potències amb les que treballem son elevades.

5.2.2.2.2 Inclinació dels panells

La inclinació òptima dels mòduls fotovoltaics és un càlcul important per a obtenir millor rendiments del panells i aconseguir una major captació al llarg de tot un any. Per tal de trobar la inclinació adient a les característiques de l'emplaçament es fa mitjançant aquest càlcul:

$$\beta = 3,7 + 0,69 \cdot \phi \quad (10)$$

On beta és l'angle d'inclinació òptima i ro és la latitud de l'emplaçament

$$\beta = 3,7 + 0,69 \cdot \phi = 3,7 + 0,69 \cdot 42,42 = 32,97^\circ$$

La inclinació òptima dels mòduls fotovoltaics a Bolvir és de 32,97°.

5.2.2.2.3 El mòdul Fotovoltaic

El mòdul escollit és del fabricant VITOVOLT i és el model P260PGHC.

Es tracta d'un model amb una cèl·lula policristal·lina que és una de les més utilitzades en el sector fotovoltaic i una amb els preus més competents.

Potencia nominal	260W
Eficiència del mòdul	16%
Corrent Punt de Màxima Potència (Imp)	8,43A
Tensió Punt de Màxima Potència (Vmp)	30,93 V
Corrent de Curtcircuit (Isc)	8,83 A
Tensió de Circuit Obert (Voc)	37,67 V
Dimensions (mm)	1640 x 992 x 40
Pes (kg)	18,5
Àrea (m2)	1,62
Tipus de cèl·lula	Policristalina 156 x 156 mm (6 pulgades)
Coefficient de temperatura de Isc (α)	0,04%/°C
Coefficient de temperatura de Voc (β)	-0,32%/°C

Principals característiques tècniques del mòdul fotovoltaic escollit en STC

Condicions de prova estàndards (STC):

- Nivell de radiació (G): 1000W/m²
- Temperatura de la cèl·lula (Ta): 25°C
- Distribució espectral : AM 1,5
- Temperatura d'operació (Top): entre 45 i 47 °C

Les condicions ambientals com la temperatura ambient i la irradiància fan variar la potència que la cèl·lula és capaç de subministrar. Es farà el càlcul en les condicions de temperatura i irradiància en el pitjor moment de l'any.

5.2.2.2.4 Energia proporcionada pel conjunt de mòduls fotovoltaics

L'energia proporcionada pel conjunt de panells solars ve donada per la següent expressió:

$$E_{mod} = \eta_{mod} \cdot I_{mp} \cdot HSP(\alpha) \quad (11)$$

On:

E_{mod} →Energia proporcionada pel panell (Ah/dia)

η_{mod} →Rendiment del panell que representa un factor de pèrdues (brutícia del mòdul, pèrdues per reflexió, pèrdues per connexionat, etc) que contempla reducció en l'energia proporcionada. Escollim un valor típic entre 85-95%

I_{mp} →Corrent en el punt de màxima potència

$HSP(\alpha)$ →Hores solar pic (h) per una inclinació del captador

Hores solar pic

Es un unitat que mesura la irradiació solar i es defineix com el temps en hores d'una hipotètica irradiació solar de 1000 W/m2

A partir de la radiació solar, expressada en kJ/m2/dia, tenim que les HSP equivalents es poden obtenir com:

$$HSP = H \left(\frac{kJ}{m^2 \cdot dia} \right) \cdot 0.0239 \cdot 0.0116 \quad (12)$$

			GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
HSP	dia	(kJ/m ²)	3,75	4,77	6	5,66	5,97	6,5	6,81	6,56	5,98	5,12	3,92	3,42

Taula 8: Hores Solar Pic dels mesos del any a Bolvir

5.2.2.2.5 Consum d'energia requerida

A partir de la dada de consum anual del poble de Bolvir, que s'ha fet la mitja de consum dels anys dels que es disposaven dades, es calcularà la demanda o consum total d'energia elèctrica de la instal·lació en Ah/dia.

1. Consum d'Energia total necessària de la instal·lació

$$C_{total} = \frac{E_{total}}{V_{nom}} = \frac{[Wh/dia]}{[V]} = Ah/dia \quad (13)$$

2. Pèrdues d'Energia per connexionat: Referides a les pèrdues que es poden trobar al llarg de la instal·lació degut al cablejat elèctric. Com a primer valor aproximat es pot agafar un 10%.

$$C_{perd} = \frac{10}{100} C_{total} \quad (14)$$

3. Consum d'Energia total requerida

$$C_{req} = C_{total} + C_{perd} \quad (15)$$

4. Pèrdues de la Instal·lació Fotovoltaica

Fent servir la següent expressió es pot fer una estimació de les pèrdues totals de la instal·lació fotovoltaica (K_T), que aplicarem al càlcul anterior per obtenir, finalment, la capacitat de la instal·lació total.

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \left[1 - \frac{K_A D_{aut}}{P_{D,màx}} \right] \quad (16)$$

Sent:

- K_A : Es deuen a les pèrdues per l'autodescàrrega diària que pateix la bateria d'acumulació a una temperatura de 20°C. El seu valor per defecte es de 0,5% i es detalla a les característiques donades pel fabricant de la bateria.
- K_B : Son pèrdues referides al rendiment de la bateria, l'energia que dissipa la bateria en forma de calor a causa dels processos químics. El seu valor típic es del 5%.
- K_C : Pèrdues degudes al rendiment de l'inversor o convertidor DC/AC. Valor que oscil·la entre el 5% i el 20%. S'ha escollit un valor del 15%.
- K_R : Pèrdues degudes al rendiment de l'inversor o convertidor DC/DC. El valor per defecte que es pot agafar es d'un 10%, tot i que depèn de la tecnologia utilitzada.

- K_X : Altres pèrdues no contemplades en les anteriors com les pèrdues per efecte Joule. El valor que s'ha escollit per defecte és del 10%, i pot oscil·lar entre el 0% i el 20%.
- D_{aut} : Són els dies d'autonomia que té la instal·lació fotovoltaica, és a dir, el número de dies consecutius que el sistema d'acumulació es capaç d'atendre en absència de sol. Depenent de la zona que es trobi la instal·lació els dies d'autonomia seran menors o majors. El rang pràctic amb el que es treballa es de 3 a 20 dies d'autonomia, sent 3 per a localitzacions amb una forta radiació i 20 per zones amb poca radiació. Els dies d'autonomia escollits per la localització del projecte en qüestió seran de 12.
- $P_{D,màx}$: Es tracta del nivell màxim de la profunditat de descarrega de la bateria que permet abans de la desconexió del regulador, per a protecció. Depenen de la tecnologia que s'utilitzi per a les bateries tindrà un valor o un altre. El valor utilitzat és del 70% que correspon a bateries de plom-antimoni, i és la tecnologia on el valor és més elevat

5. Consum d'Energia Requerida considerant les pèrdues

$$C'_{req} = \frac{C_{req}}{K_T} \quad (17)$$

5.2.2.2.6 Número total de panells en paral·lel i en sèrie

El connexionat dels panells entre ells ve determinat per una sèrie d'operacions descrites a continuació, en les que es donarà un model de camp de captació fotovoltaic amb la distribució dels panells.

1. Panells en paral·lel

Per trobar el número de panells que s'han de connectar en paral·lel s'haurà de fer el quocient entre el consum d'energia necessària i l'energia proporcionada pel conjunt del panell fotovoltaic:

$$n_{pp} = \frac{C'_{req}}{E_{mod}} \quad (18)$$

2. Panells en sèrie

El nombre de mòduls fotovoltaics que s'han de connectar en sèrie ve determinat per la tensió nominal del sistema (V_{nom}) i la tensió del punt de màxima potència del panell escollit (V_{mp}).

$$n_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{mp}} \quad (19)$$

3. Número total de panells fotovoltaics

El número total de panells fotovoltaics que es requereixen es trobarà amb el producte del número de panells en paral·lel i el número de panells en sèrie.

$$n_{total} = n_{pp} \cdot n_{ps} \quad (20)$$

Resum total de mòduls fotovoltaics de la instal·lació:

Numero de Mòduls en Paral·lel	
n_{pp}	454
Numero de Mòduls en sèrie	
n_{ps}	20
Numero total de panells fotovoltaics	
n_{total}	9080

Taula 9: Total mòduls fotovoltaics requerits a la instal·lació

5.2.2.3. Bateria d'acumulació

Les bateries d'acumulació en els sistemes solars són les encarregades de transformar l'energia elèctrica que es genera en el panell solar i acumular-la en forma d'energia química, per després realitzar el procés invers si es necessita utilitzar quan no hi ha radiació solar. En les instal·lacions solars tenen la principal funció d'acumular l'energia que es produeix durant el dia per poder-la utilitzar durant la nit.

5.2.2.3.1 Bateria escollida

Les bateries escollides per la instal·lació solar fotovoltaica han estat les tipus OPzS. Són bateries de placa tubular inundada de llarga duració. Tenen una vida útil de més de vint anys treballant a temperatures de 20°C. Té una quantitat de cicles possibles de 1.500 al 80% de descarrega. El manteniment que se li haurà de fer és afegir-hi aigua destil·lada cada dos o tres anys en condicions normals de funcionament.



Figura 28: Bateries tipus OPzS de VICTRON ENERGY. Font: VICTRON ENERGY

5.2.2.3.2 Càlcul de la capacitat total de les bateries

El càlcul de la capacitat total de les bateries d'acumulació es determina en funció de les necessitats del sistema, tenint en compte els dies d'autonomia que s'han determinat per a la instal·lació.

$$C_{alm} = \frac{C'_{req} D_{aut}}{P_{D,màx}} \cdot 100 \quad (21)$$

On:

- C_{alm} Capacitat nominal del sistema d'acumulació (Ah)
- C'_{req} Consum d'energia total requerida per cobrir les necessitats de consum (Ah/dia)
- D_{aut} Dies d'autonomia de la instal·lació
- $P_{D,màx}$ Profunditat màxima de descarrega de la bateria.

5.2.2.3.3 Càlcul del nombre de bateries en sèrie i paral·lel

El connexionat de les bateries d'acumulació en les instal·lacions solars fotovoltaïques té un procediment molt similar al connexionat dels panells, podent-se connexionar en sèrie o paral·lel, o amb una combinació dels dos segons necessitats.

1. Número de bateries en paral·lel

Per trobar el número de bateries que s'han de connectar en paral·lel s'haurà de fer el quocient entre la capacitat d'acumulació total calculada anteriorment i la capacitat nominal de la bateria escollida:

$$n_{BP} = \frac{C_{alm}}{C_{bat,nom}} \quad (22)$$

2. Número de bateries en sèrie

El nombre de bateries que s'han de connectar en sèrie ve determinat per la tensió nominal del sistema i la tensió nominal de la bateria escollida.

$$n_{BS} = \frac{V_{nom}}{V_{bat,nom}} \quad (23)$$

3. Número total de bateries d'acumulació

El número total de bateries d'acumulació que es requereixen es trobarà amb el producte del número de bateries en paral·lel i el número de bateries en sèrie.

$$n_{total} = n_{pp} \cdot n_{ps} \quad (24)$$

Capacitat nominal d'acumulació	
C_{alm} (Ah)	343.364
Numero de Bateries en Paral·lel	
n_{pp}	76
Numero de Mòduls en sèrie	
n_{ps}	25
Numero total de panells fotovoltaics	
n_{total}	1900

Taula 10: Resum del sistema d'acumulació solar de la instal·lació

5.2.2.4. Convertidor

5.2.2.4.1 Dimensionat del convertidor

Per dimensionar el convertidor es determinarà en funció de la potència i el rendiment de l'inversor que és d'un 97,3%.

$$P_{inv} = \frac{P}{\eta_{inv}} \quad (25)$$

El tamany de l'inversor ha de ser d'una potència de 278 KW.

5.2.2.4.2 Inversor escollit

L'inversors escollit per la instal·lació fotovoltaica és del fabricant AURORA. És el Model PVI-CENTRAL-250 amb una potència màxima recomanada de 295 kWp.

CARACTERÍSTICAS	PVI-CENTRAL-250	PVI-CENTRAL-250-TL
PARAMETROS DE ENTRADA		
Máxima Potencia PV recomendada (kWp)	-	
Total (modo master/slave)	295	295
Por canal (modo multi-master)	59	59
Máxima Tensión de entrada admisible (Vdc)	900	900
Rango de Tensión MPPT de entrada (Vdc)	465 - 850 (550 nominal)	465 - 850 (550 nominal)
Número de MPPT independientes		
Configuración multi-master	5	5
Configuración multi-master/slave	3	3
Configuración master/slave	1	1
Máxima Corriente Total de entrada (Adc)	615	615
Modo multi-master (cada módulo)	123	123
Factor de distorsión DC	< 3%	< 3%
Número de entradas DC disponibles	5	5
Máxima sección del cable de entrada DC (cada polaridad)	5x120mmq (M10)	5x120mmq (M10)

Figura 29: Característiques tècniques del convertidor AURORA PVI-CENTRA-250

5.2.2.5. Regulador de càrrega

El convertidor és un element molt important en la instal·lació solar fotovoltaica ja que regula el procés de càrrega del subsistema d'acumulació des del conjunt fotovoltaic i la descarrega de les mateixes bateries cap a la càrrega.(28)

5.2.2.5.1 Dimensionat del regulador

Per dimensionar el convertidor es determinarà en funció del corrent màxim proporcionat pels panells i a més s'ha de tenir en compte el corrent total consumit per la càrrega. Entre aquests dos corrents, el que sigui major s'escollirà com el corrent que el regulador haurà de suportar.

1. Corrent màxima entregada pel conjunt de panells a l'entrada del regulador

Es pot calcular el corrent en el punt de màxima potència proporcionada pel panell, o bé fer servir el valor que el fabricant aporta del panell.

$$I_{mp} = \frac{\eta_{mod} \cdot P_{mp}}{V_{mp}} \quad (26)$$

On:

I_{mp} Corrent en el punt de màxima potència proporcionada pel panell.

η_{mod} Rendiment del panell

V_{mp} Tensió en el punt de màxima potència proporcionada pel panell

P_{mp} Màxima potència proporcionada pel panell

Considerant un increment de seguretat del 20% i tenint en compte la quantitat de mòduls que hi ha en paral·lel:

$$I_G = 1,2 \cdot \eta_{PP} \cdot I_{mp} \quad (27)$$

2. Afegint el corrent total consumit per la càrrega a partir de les potències conegudes. En el cas d'estudi no tenim dades de potències en DC o AC, per tant considerarem que la potència és tota DC.

$$I_L = \frac{P_{DC}}{V_{nom}} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv} \cdot V_{nom}} \quad (28)$$

D'aquestes dues corrents, la màxima serà la que el regulador haurà de suportar.

$$I_{reg} = \max\{I_G, I_L\} \quad (29)$$

El corrent màxim del regulador és de 3.827 A aproximadament.

5.2.2.5.2 Regulador escollit

El regulador de càrrega escollit és del tipus MPPT, ja que aquest tipus de reguladors s'utilitzen en grans instal·lacions de molta potència instal·lada, que a diferència d'un regulador PWM ajudarà a tenir un millor manteniment de les bateries, ja que tenen incorporats millors algoritmes per carregar-les i protegir-les. A més generalment el rendiment dels panells fotovoltaics es veu afavorit per aquest tipus de regulador.

Com el corrent màxim del regulador és de 3827 ampers s'hauran d'instal·lar un banc de reguladors per aconseguir aquest corrent. El regulador MPPT escollit és de la marca VICTRON ENERGY i és el

model MPPT 150/100 que té una corrent de càrrega nominal de 100 A. Per poder obtenir els 3827 A que es necessiten s'hauran d'instal·lar 38 reguladors d'aquest tipus.

6. LA LEGISLACIÓ

6.1. Lleis del sector elèctric i Reals Decrets a Espanya evolució

Centrarem l'estudi de legislació del sector elèctric a Espanya partint de l'any 1997, on es produeix el procés de liberalització.(30)

El mercat liberalitzat consisteix en un model on diferents agents del sector participin per a la millora de l'eficiència en l'assignació de recursos. Aquest objectiu es va marcar després que a nivell europeu s'aprovés la Directiva 96/92CE. Així doncs, la **Llei 54/1997** del Sector Elèctric, va modificar de manera important el marc regulador vigent fins a aquell moment incloent la privatització de les empreses elèctriques, fins aquell moment portades per l'Estat . L'objecte d'aquesta llei, citat a l'article 1 es "la regulación de las actividades destinadas al suministro de energía eléctrica, consistentes en su generación, transporte, distribución y comercialización, e intercambios intracomunitarios e internacionales, así como la gestión económica y técnica del sistema eléctrico". Els principis en els que es basa aquesta llei són:

- La separació entre activitats regulades (transport i distribució) i aquelles que es poden desenvolupar en règim de lliure competència (generació i comercialització)
- La progressiva liberalització de la contractació i elecció del subministrador dels consumidors finals.
- La llibertat d'accés a les xarxes de transport i distribució mitjançant uns peatges.
- La creació de les figures d'operador del sistema (REE) i de l'operador de mercat (OMEL); el primer encarregat de la gestió tècnica i el segon de la gestió econòmica del sistema.

L'any 2003 després d'una altra directiva europea Directiva 2003/54/CE, es reafirma el mercat únic d'energia i el procés de liberalització. A Espanya es va concretar a partir de la Llei 17/2007, però gran part de les mesures de la Directiva ja havien estat incorporades amb anterioritat.

Un pas més en el procés de la liberalització es va donar amb la creació, a l'any 2006 del Mercado Ibérico de la Electricidad, el MIBEL, que constituïa la unió dels mercats diària d'Espanya i Portugal en el que tots els actors que fins el moment actuaven en el mercats separats ho farien sota les mateixes condicions. Aquest procediment va portar a la reducció de riscos i a abaratir els preus.

Entre l'any 2012 i 2013 s'han produït grans canvis reguladors en el sector elèctric, atribuïts generalment a la crisi econòmica que es va començar a produir durant els anys anteriors. L'aparició

de l'anomenat dèficit de tarifa, produït pel diferencial entre els ingressos i els costos del sistema, i que representa més del 2% del PIB, va representar d'aquests canvis.

Al 2012 el Gobierno va aprovar impostos a diferents tecnologies de generació i va suprimir els incentius per a la construcció de noves instal·lacions de generació a partir de fonts renovables

6.2. Normativa Actual

6.2.1. El Reial Decret d'Autoconsum RD 900/2015

En aquest apartat s'intentarà interpretar el Real Decret(31) i veure si es pot adaptar al nostre sistema proposat pel poble de Bolvir.

El Real Decret d'Autoconsum aprovat el mes d'octubre de 2015 té com a objectiu la regulació de les condicions tècniques administratives i econòmiques de diferents modalitats d'autoconsum tant de subministrament com de producció.

Aquest Reial Decret és aplicable, segons l'article 2 *Àmbit aplicable, a instal·lacions connectades a l'interior d'una xarxa, encara que no aboquin energia a les xarxes de transport i distribució en cap moment, acollides qualsevol de les modalitats d'autoconsum d'energia a), b), i c), que defineix l'article 9 de la Llei 24/2013 del sector elèctric.*

En l'article 4 d'aquest decret es classifiquen els dos tipus de modalitats d'autoconsum de les quals se'n descriu:

- Modalitat d'Autoconsum tipus 1
 - i. Consumidor en un únic punt de subministrament amb una o varies instal·lacions de generació connectades a la seva xarxa interior
 - ii. El subjecte que existeix únicament és el de consumidor.
 - iii. Les instal·lacions generadores no s'han de donar d'alta al Registre corresponent com a instal·lació de producció elèctrica.
 - iv. No poden admetre's en aquest tipus consumidors que tinguin una potència instal·lada inferior a kW.
 - v. La potència màxima instal·lada no pot superar la contractada.
 - vi. Els excedents que s'aboquin a la xarxa no tindran cap remuneració.
 - vii. Ha d'haver-hi el mateix titular en el punt de subministrament que en totes les instal·lacions de generació.

- Modalitat d'Autoconsum del tipus 2:
 - i. Consumidor únic en un únic punt de subministrament amb una o varies instal·lacions de producció connectades a la seva xarxa interna o que comparteixin infraestructura de connexió amb aquest o connectades a través d'una línia directa.
 - ii. Hi ha dos subjectes: consumidor i productor
 - iii. Havent 'hi el subjecte de productor, les instal·lacions han d'estar degudament donades d'alta en el Registre com a instal·lacions de producció.
 - iv. No existeix límit de potencia contractada per part del consumidor associat.
 - v. La potència màxima instal·lada no pot superar la contractada.
 - vi. En aquest cas consumidor com productor han de ser un únic titular, tot i que no s'obliga a que siguin el mateix, com a la modalitat tipus 1.
 - vii. També es poden vendre els excedents d'energia al mercat elèctric.

6.2.2. Anul·lació del constitucional RD 900/2015

Aquest mateix article en el punt 3 dictamina una ordre molt polèmica: "En cap cas un generador es pot connectar a la xarxa interior de diversos consumidors." (1)

Aquest fet remarca el que en les classificacions de les modalitats ja s'ha comentat (en el cas del tipus 1 en el punt vii, i en el cas del tipus 2 en el vi), de que prohibeix l'autoconsum compartit en comunitat de veïns.

6.2.2.1. Dictamen 26/2015(32)

El Dictamen 26/2015 del 29 de desembre és un document creat per la Generalitat de Catalunya sobre el Reial decret 900/2015. Té com a objectiu que s'emeti un dictamen sobre l'adequació a la Constitució i a l'Estatut d'autonomia el RD 900/2015, i que el Consell de Ministres es pronunciï sobre els articles 1, 2, 4 a8 i 19 i 22; les disposicions addicionals primera, segona i novena; i la disposició final sisena del RD, en vers a dubtes d'inconstitucionalitat i antiestatutarietat.

La Advocada de la Generalitat va portar aquest dictamen al Tribunal Constitucional per a que el resolguessin després que el requeriment fos desestimat pel Consell de Ministres celebrat el 8 de gener de 2016.

El Tribunal Constitucional va estimar i declarar com a inconstitucional i nul l'apartat 3 de l'article 4 del RD 900/2015 i els articles 19, 20, 21 i 22.

L'anul·lació d'aquest article implica un avanç ja que suposava un fre a l'autoconsum i perjudicava la viabilitat de molts projectes i desincentivava l'interès de la ciutadania en aquests, ja que obre la porta

a l'autoconsum compartit i apropa una mica més al canvi de model energètic que s'hauria d'arribar a assolir.

Els articles 19, 20, 21 i 22 que també queden anul·lats per el Constitucional regulen el registre administratiu de l'autoconsum, ja que es considera que s'envaeixen les competències de la Generalitat en matèria de desenvolupament de les bases estatals en relació al registre considerant que ha de recaure en les comunitats autònomes i no pas en el Govern Estatal.

6.3. Marc Regulador poble Bolvir

Amb el marc regulador explicat anteriorment es pot determinar les diferents opcions legislatives, i de les que en depèn el sistema tecnològicament, en les que la situació del poble de Bolvir es podria trobar.

6.3.1. Poble connectat a la xarxa

Havent descrit els dos tipus d'autoconsum que es descriuen en el real decret, analitzarem en quin d'ells es podria acollir la nostra instal·lació.

Respecte a la modalitat del tipus 1, podem descartar-la per la nostra instal·lació per diferents punts, començant pel iv, ja que el nostre sistema proposat necessita una potència instal·lada molt més gran. A més en l'apartat vii en el que es prohibeix l'autoconsum per a una comunitat de veïns o un poble com és el nostre cas.

En la modalitat del tipus 2 pel fet del límit de potencia instal·lada, en el punt iv, sí que podria adherir-s'hi el nostre cas, sempre i quan no es superi la potencia contractada. I en el punt vi, segueix excloent una comunitat com a autoconsum compartit.

Però si el consumidor s'interpreta com a una cooperativa o societat, en la qual es signés com a un sol titular, en el cas de la modalitat del tipus dos, per la no limitació de potència instal·lada seria la més adequada pel cas de un poble o una comunitat de veïns.

6.3.2. Poble aïllat de la xarxa

Les úniques instal·lacions que s'alliberen del Reial Decret 900/2015 d'Autoconsum són aquelles que estan completament aïllades de la xarxa elèctrica, i que per tant, no tenen cap punt de connexió física amb la xarxa de distribució.



7. ESTUDI ECONÒMIC

En aquest apartat s'analitza l'apartat econòmic de les solucions d'autosuficiència del poble de Bolvir. Es farà l'estudi per separat dels dos recursos estudiats, i finalment s'estudiaran com a una solució mixta.

7.1. Estudi econòmic

S'estudiarà la inversió que hauria de fer el poble de Bolvir, ja sigui els mateixos habitants del poble com des de l'ajuntament, per tal de poder produir la seva energia per a cobrir les necessitats energètiques del poble mitjançant la tecnologia eòlica.

7.1.1. Ingressos/Estalvi

El que es pot considerar ingressos en el plantejament d'autosuficiència és el benefici que hi ha en l'estalvi de la compra d'electricitat a les companyies de llum. Aquest estalvi serà l'energia que es produeix multiplicada pel preu que la companyia cobra per produir aquesta mateixa energia.

Per obtenir el preu aproximat en €/kWh:

- Empresa distribuïdora de Bolvir: Endesa, és la distribuïdora a gran part de Catalunya com es pot observar al mapa de la figura 30.



Figura 30: Mapa de les distribuïdores elèctriques a Espanya. Font: Podo

- Conèixer les diferents tarifes del mercat i observar quin preu té la nostra distribuïdora. Les tarifes que més ens interessin són(33):
 - a) Tarifes 2.0A que poden ser contractades per els consumidors amb potència inferior a kW, per tant són tarifes per a llars i usos domèstics.
El preu d'aquesta tarifa per a la distribuïdora d'Endesa és de 0,13987 €/kWh
 - b) Tarifes 2.1 A que poden ser contractades per consumidors que tenen una potència entre 10 i 15 kW, són tarifes per a grans llars o usos comercials.
El preu d'aquesta tarifa per a la distribuïdora d'Endesa és de 0.14767€/kWh.

Fent una aproximació amb el percentatge de consum de Bolvir que és per a usos domèstics, i que significa la major part (72%), i amb la resta s'ha obtingut un preu per l'electricitat de 0,142054€/kWh.

7.1.2. Costos eòlics

Els costos que s'han d'avaluar en aquest apartat són els de la instal·lació i posta en marxa de la turbina eòlica. Els costos d'inversió més importants a valorar per la instal·lació d'un o més aerogeneradors són els següents(34):

- a) Costos d'estudi de viabilitat: inclouen l'estudi del recurs eòlic, anàlisi del emplaçament, disseny inicial, estudi de l'impacte mediambiental, estudi de rendibilitat i gestió del projecte. Aproximadament comporten el 2% del total.
- b) Els costos d'equipament: inclouen la producció de la turbina i els equips auxiliars, el transport fins a l'emplaçament i la instal·lació. És el que té l'impacte més alt en el preu total ja que s'estimen entre el 65-85% del cost.
- c) Costos d'obra civil: Inclouen el transport intern en el mateix emplaçament de la turbina i la torre, la cimentació i carreteres i altres relacionats amb la infraestructura necessària per a la correcta instal·lació de l'aerogenerador. Representen entre un 4-10% dels costos totals.
- d) Costos de cablejat: Cablejat, subestacions i línies elèctriques que comporten un cost d'enter el 9-14% del total.
- e) Altres costos: Com llicències, ús del terrenys, permisos legals, que van des de un 4-10%.
- f) Costos d'operació i manteniment.(OPEX): Suposen entre el 1 i el 3% de la inversió/any 46\$/kW.

El cost mig d'un parc eòlic es situa en el rang d'entre 1.000 i 1.400€ per kW de potència instal·lada que varia segons les característiques del parc a instal·lar.(34)

7.1.2.1. Instal·lació de dos aerogeneradors de 2MW de potència

Com s'ha vist en l'estudi eòlic, per a garantir les exigències de consum del poble de Bolvir s'haurien d'instal·lar dos aerogeneradors de 2MW de potència. Així doncs, els costos per a la instal·lació eòlica de 4 MW totals serien:

COSTOS TOTALS INSTAL·LACIÓ EÒLICA DE 4MW		
TIPUS DE COST	Pes del cost(%)	€
Estudi de viabilitat	2%	104.000,00
Costos d'equipament	75%	3.900.000,00
Costos d'obra civil	10%	520.000,00
Costos de cablejat	9%	468.000,00
Altres costos	4%	208.000,00
TOTAL	100%	5.200.000,00
OPEX (anuals)	3%	156.000,00

Taula 11: Costos eòlics per a la instal·lació de 4MW a Bolvir

7.1.2.2. Instal·lació d'un aerogenerador de 3,2 MW de potència

En aquest cas, vist en l'apartat del potencial eòlic, amb un aerogenerador de 3,2 MW de potència hi hauria suficient per proveir d'energia al poble de Bolvir Així doncs, els costos per a la instal·lació eòlica de la turbina serien:

COSTOS TOTALS INSTAL·LACIÓ EÒLICA DE 3,2MW		
TIPUS DE COST	Pes del cost(%)	€
Estudi de viabilitat	2%	83.200,00
Costos d'equipament	75%	3.120.000,00
Costos d'obra civil	10%	416.000,00
Costos de cablejat	9%	374.400,00
Altres costos	4%	166.400,00
TOTAL	100%	4.160.000,00
OPEX (anuals)	3%	124.800,00

Taula 12: Costos eòlics per a la instal·lació de 3,2MW a Bolvir

Com es lògic, els costos s'han vist reduïts en comparació amb la instal·lació de dos aerogeneradors de 2MW de potència. Tot i que el cost de l'aerogenerador sigui més gran, només s'ha d'instal·lar un per arribar a produir l'energia que es precisa. A més, els costos d'operació i manteniment, molt rellevants al llarg de la vida útil de la instal·lació, s'han reduït.

7.1.3. Costos fotovoltaica

Els costos de la instal·lació fotovoltaica han estat calculats a partir del preu per kW instal·lat que hi ha al mercat. Aquest valor és de 2.300 €/kW instal·lat per a instal·lacions aïllades de la xarxa, com seria el projecte a estudi. A més s'han obtingut els preus dels principals equips del sistema fotovoltaic, i amb totes les dades s'ha pogut fer una estimació del preu total de la instal·lació.

	PREU UNIT	PREU TOTAL	Pes del cost(%)
PANELL FOTOVOLTAIC	265,00 €	2.406.200,00 €	52%
BATERIA	520,00 €	988.000,00 €	18%
REGULADOR DE CÀRREGA	950,00 €	36.100,00 €	1%
INVERSOR	7.291,82 €	7.291,82 €	0%
ALTRES COSTOS	1.520.088,18 €	1.520.088,18 €	31%
TOTAL COSTOS		4.957.680,00 €	100%

Taula 13: Resum dels costos totals de la instal·lació solar fotovoltaica a Bolvir

7.1.4. Anàlisi financer eòlic

Es farà l'anàlisi financer amb el plantejament de la instal·lació de la turbina eòlica SIEMENS, que com s'ha vist en l'apartat anterior, resulta ser més econòmic que la instal·lació de dos aerogeneradors de 2MW de potència.

Els beneficis de la instal·lació serà el que s'anomenarà com a estalvi. L'estalvi del poble amb la no compra d'electricitat a la companyia distribuïdora. Així doncs, els ingressos que s'obtinguin seran el producte de l'energia que es produeix a la instal·lació eòlica pel preu que es paga a la companyia.

$$I = E_{produïda} \cdot Preu_{comp} \quad (30)$$

Aquests beneficis són d'un total de 354.535,13 € anuals. Els costos de la instal·lació seran, anualment els costos d'operació i manteniment de la turbina i altres equips. Aquests costos, seran d'un valor del 3% de la inversió total, per tant, de 124.800 € anuals.

La taxa de depreciació dels diners s'ha suposat en un 1,5% al llarg dels períodes.

PERÍODE	INVERSIÓ	COSTOS OPEX	ESTALVI	MOV. FON	FLUX ACUMULAT	VAN (€)
0	4.160.000,00			-4.160.000,00	-4.160.000,00	-4.160.000,00
1	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-3.930.264,87	-4.160.000,00
2	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-3.700.529,75	-4.098.522,17
3	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-3.470.794,62	-3.872.182,14
4	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-3.241.059,49	-3.645.842,12

5	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-3.011.324,37	-3.419.502,09
6	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-2.781.589,24	-3.193.162,06
7	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-2.551.854,11	-2.966.822,04
8	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-2.322.118,99	-2.740.482,01
9	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-2.092.383,86	-2.514.141,98
10	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-1.862.648,74	-2.287.801,96
11	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-1.632.913,61	-2.061.461,93
12	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-1.403.178,48	-1.835.121,91
13	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-1.173.443,36	-1.608.781,88
14	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-943.708,23	-1.382.441,85
15	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-713.973,10	-1.156.101,83
16	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-484.237,98	-929.761,80
17	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-254.502,85	-703.421,78
18	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	-24.767,72	-477.081,75
19	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	204.967,40	-250.741,72
20	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	434.702,53	-24.401,70
21	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	664.437,66	201.938,33
22	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	894.172,78	428.278,35
23	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	1.123.907,91	654.618,38
24	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	1.353.643,04	880.958,41
25	0,00	124.800,00	354.535,13	229.735,13	1.583.378,16	1.107.298,43
25	0,00	124.800,00	354.535,13	479.335,13	7.823.378,16	1.333.638,46

Taula 14: Anàlisi del VAN per a la instal·lació eòlica de 3,2 MW a Bolvir

Per tant sense la necessitat de demanar un crèdit a un banc i amb una taxa de depreciació dels diners d'un 3% el VAN resulta positiu a partir de l'onze període 21o any, així doncs, es retorna la inversió als 21 anys de la instal·lació.

7.1.5. Anàlisi financer solar

Per a realitzar l'anàlisi financer solar es seguirà el mateix procediment que per l'eòlic tenint en consideració el mateix càlcul de l'estalvi, però ara amb l'energia produïda per la instal·lació solar. La taxa de depreciació de la moneda s'ha deixat al 3% per poder veure comparativament els resultats.

PERÍODE	INVERSIÓ	COSTOS OPEX	ESTALVI	MOV. FONTS	FLUX ACUMULAT	VAN
0	4.957.680,00			-4.957.680,00	-4.957.680,00	-4.957.680,00
1	0,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-4.695.076,58	-4.625.691,21
2	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-4.432.473,15	-4.370.792,11
3	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-4.169.869,73	-4.119.659,99
4	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-3.907.266,31	-3.872.239,19
5	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-3.644.662,88	-3.628.474,85
6	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-3.382.059,46	-3.388.312,94
7	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-3.119.456,04	-3.151.700,22
8	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-2.856.852,62	-2.918.584,24
9	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-2.594.249,19	-2.688.913,33
10	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-2.331.645,77	-2.462.636,56
11	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-2.069.042,35	-2.239.703,79
12	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-1.806.438,92	-2.020.065,59
13	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-1.543.835,50	-1.803.673,27
14	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-1.281.232,08	-1.590.478,87
15	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-1.018.628,65	-1.380.435,13
16	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-756.025,23	-1.173.495,48
17	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-493.421,81	-969.614,06
18	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	-230.818,38	-768.745,65
19	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	31.785,04	-570.845,75
20	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	294.388,46	-375.870,48
21	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	556.991,88	-183.776,61
22	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	819.595,31	5.478,43
23	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	1.082.198,73	191.936,59
24	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	1.344.802,15	375.639,22
25	265,00	74.365,20	336.968,62	262.603,42	1.607.405,58	556.627,03
25	265,00	99.153,60	336.968,62	722.270,41	13.099.080,26	7.619.321,33

Taula 15: Anàlisi del VAN per a la instal·lació solar fotovoltaica a Bolvir

El retorn de la inversió es produeix a partir del període número 22. Això implica que tot i recuperar la inversió inicial, no arriba a temps ja que la vida útil d'aquest tipus d'instal·lacions és de 20-25 anys.

7.1.6. Anàlisi financer mix eòlic i solar

Com a darrer anàlisis es veurà com una instal·lació solar i eòlica es podria dur a terme al municipi de Bolvir com a solució mixta.

Vist els grans costos econòmics de la instal·lació únicament solar, degut a la gran quantitat de panells solars i bateries necessàries per al consum de Bolvir es farà un últim estudi d'una instal·lació solar i eòlica.

PERÍODE	INVERSIÓ	COSTOS OPEX	ESTALVI	MOV. FONTS	FLUX ACUMULAT	VAN
0	4.379.960,00			-4.379.960,00	-4.379.960,00	-4.379.960,00
1	0,00	131398,8	439368,94	307.970,14	-4.071.989,86	-3.953.388,21
2	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-3.720.220,11	-3.720.220,11
3	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-3.368.450,37	-3.368.450,37
4	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-3.016.680,62	-3.016.680,62
5	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-2.664.910,88	-2.664.910,88
6	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-2.313.141,14	-2.313.141,14
7	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-1.961.371,39	-1.961.371,39
8	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-1.609.601,65	-1.609.601,65
9	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-1.257.831,90	-1.257.831,90
10	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-906.062,16	-906.062,16
11	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-554.292,41	-554.292,41
12	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	-202.522,67	-202.522,67
13	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	149.247,07	149.247,07
14	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	501.016,82	501.016,82
15	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	852.786,56	852.786,56
16	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	1.204.556,31	1.204.556,31
17	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	1.556.326,05	1.556.326,05
18	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	1.908.095,79	1.908.095,79
19	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	2.259.865,54	2.259.865,54
20	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	2.611.635,28	2.611.635,28
21	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	2.963.405,03	2.963.405,03
22	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	3.315.174,77	3.315.174,77
23	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	3.666.944,52	3.666.944,52
24	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	4.018.714,26	4.018.714,26
25	0,00	87.599,20	439.368,94	351.769,74	4.370.484,00	4.370.484,00

Taula 16: Anàlisis del VAN per a la instal·lació híbrida a Bolvir

Amb una instal·lació híbrida es pot veure com el retorn de la inversió es produeix a partir del període 13, cosa que ha millorat molt considerablement en comparació amb les instal·lacions eòliques o solars soles.



7.1.6.1. Instal·lació eòlica

Es partirà d'un aerogenerador de 2MW de potència, que els resultats de l'estudi i del potencial eòlic es poden trobar en el punt 5.2.1.1.1 del projecte.

Mitjançant la instal·lació d'un sol aerogenerador de 2 MW es podrà produir una energia anual de 1.879,52 MWh. S'instal·larà l'aerogenerador estudiat anteriorment, el model V90-2.0 MW del fabricant VESTAS.

7.1.6.1.1 Costos eòlics de la instal·lació híbrida

Realitzant el mateix raonament que en apartats anteriors obtenim els següents costos eòlics de la instal·lació:

COSTOS TOTALS INSTAL·LACIÓ EÒLICA de 2MW		
TIPUS DE COST	Pes del cost(%)	€
Estudi de viabilitat	2%	52.000,00
Costos d'equipament	75%	1.950.000,00
Costos d'obra civil	10%	260.000,00
Costos de cablejat	9%	234.000,00
Altres costos	4%	104.000,00
TOTAL	100%	2.600.000,00
OPEX (anuals)	3%	78.000,00

Taula 17: Resum dels costos eòlics d'instal·lació de l'aerogenerador VESTAS DE 2MW

7.1.6.2. Instal·lació solar

La instal·lació solar partirà de la diferència que resta de la instal·lació eòlica per arribar a donar el consum necessari al poble de Bolvir.

El consum total elèctric a Bolvir és de 2.372,2 MWh/any i amb l'aerogenerador ja es cobreix gairebé el 65% del consum necessari. Per tant la resta es pot donar amb els panells fotovoltaics. Aquest nou consum que s'ha de plantejar per a la instal·lació solar és de 848,9MWh/any.

Es repeteix el mateix procediment de càlcul que en l'apartat tal per trobar els equips necessaris de la nova instal·lació fotovoltaica. S'han mantingut els mateixos equips amb les mateixes característiques, així com també la tensió nominal de la planta.

- Número de panells

Numero de Mòduls en Paral·lel	
n_{pp}	163
Numero de Mòduls en sèrie	
n_{ps}	20
Numero total de panells fotovoltaics	
n_{total}	3.260

Taula 18: Panells en sèrie, paral·lel i totals de la instal·lació híbrida

- Sistema d'acumulació

Capacitat nominal d'acumulació	
C_{alm} (Ah)	122.875,5
Numero de Bateries en Paral·lel	
n_{pp}	27
Numero de Mòduls en sèrie	
n_{ps}	25
Numero total de panells fotovoltaics	
n_{total}	675

Taula 19: Resum del sistema d'acumulació de la instal·lació híbrida

- Regulador de càrrega

Per el regulador de càrrega també s'ha de canviar la quantitat de reguladors que es necessiten, ja que el corrent màxim ha variat. Ara aquest corrent és de 160 A, i fent servir el mateix regulador de càrrega, serien necessaris dos d'ells.

- Inversor

L'inversor escollit ara ha de ser diferent, ja que la potència ha disminuït. Es necessita un inversor que arribi a 100 KW de potència i s'ha escollit el model PVI-CENTRAL-100 del mateix fabricant, AURORA.

CARACTERÍSTICAS	PVI-CENTRAL-100	PVI-CENTRAL-100-TL
PARAMETROS DE ENTRADA		
Máxima Potencia PV recomendada (kWp)	-	
Total (modo master/slave)	118	118
Por canal (modo multi-master)	59	59
Máxima Tensión de entrada admisible (Vdc)	900	900
Rango de Tensión MPPT de entrada (Vdc)	465 - 850 (550 nominal)	465 - 850 (550 nominal)
Número de MPPT independientes		
Configuración multi-master	2	2
Configuración multi-master/slave	na	na
Configuración master/slave	1	1
Máxima Corriente Total de entrada (Adc)	246	246
Modo multi-master (cada módulo)	123	123
Factor de distorsión DC	< 3%	< 3%
Número de entradas DC disponibles	2	2
Máxima sección del cable de entrada DC (cada polaridad)	2x120mmq (M10)	2x120mmq (M10)

Figura 31: Característiques principals de l'inversor AURORA de 100KW

7.1.6.2.1 Costos fotovoltaics de la instal·lació híbrida

Realitzant el mateix procediment de càlcul dels costos fotovoltaics que en apartats anteriors s'obté el següent:

	PREU UNIT	PREU TOTAL	Pes del cost(%)
PANEL·L FOTOVOLTAIC	265,00 €	863.900,00 €	52%
BATERIA	520,00 €	351.000,00 €	47%
REGULADOR DE CÀRREGA	950,00 €	1.900,00 €	0%
INVERSOR	2.782,15 €	2.782,15 €	0%
ALTRES COSTOS	74.796,65 €	74.796,65 €	4%
TOTAL COSTOS		1.779.960,00 €	100%

Taula 20: Resum dels costos de la instal·lació fotovoltaica híbrida a Bolvir

7.2. Ajudes i subvencions

7.2.1. Ajudes a nivell Europeu

Document Directrices sobre ayudas estatales en materia de protección del medio ambiente y energía 2014-2020. Del diari oficial de la unió europea.

S'estableixen una sèrie de mesures d'ajudes que la Comissió ha establert en les que són compatibles amb ajudes estatals. Però la que ens interessa per al projecte seria la que s'anomena ajudes destinades a l'energia produïda a partir de fonts renovables.

S'autoritzaran aquestes ajudes per un període de 10 anys i si es manté la mesura, s'haurà de tornar a notificar passat aquest període.

Amb la finalitat d'incentivar la integració en el mercat de l'electricitat les fonts d'energia renovables. A partir de l'1 de gener de 2017.

HORIZON 2020

Horizon 2020 es el major programa de recerca i innovació de la Unió Europea amb gairebé 80 billions d'euros de subvencions disponibles per un termini de set anys (2014-2020). Aquest programa ofereix diverses ajudes destinades al món de la recerca en quant a eficiència energètica i desenvolupament de les fonts d'energia renovables.

Dins de les milers convocatòries que es presenten a dins del programa podem cercar per tòpics quines són les que es podrien adequar al sistema proposat pel poble de Bolvir i presentar una sol·licitud de finançament.

Hi ha diferents àrees de treball, especialitzades en un mateix tema, en les que a cadascuna li corresponen una sèrie de convocatòries en les que s'hi poden sol·licitar finançament. L'àrea d'enfoc principal en la que es pot trobar algun finançament pel projecte en qüestió es la que tracta els termes d'eficiència energètica, i construir una energia basada en el baix carboni.

Àrea d'enfoc: Building a low-carbon, climate resilient future: secure, clean and efficient energy:

Aquesta convocatòria sustenta els objectius de l'Acord de París i accelera la innovació energètica neta amb accions concretes de I+D en la transformació del sistema energètic i altres sectors cap a la neutralitat del carboni i la resistència climàtica. Els sectors d'activitats amb les que les sol·licituds han de treballar s'agrupen en els següents(35):

- a) En el costat de subministrament, s'ha d'aconseguir una generació més barata a partir de fonts renovables amb una millor integració en diferents nivells del sistema energètic.
- b) Un sistema energètic més intel·ligent, flexible i resistent, que inclogui solucions d'emmagatzematge d'energia, tenint en consideració els impactes presents i futurs del canvi climàtic.
- c) En el costat de la demanda, s'han de veure incrementades en general les polítiques d'eficiència energètica i donar capacitats als consumidors per a que juguin un paper més actiu en la transició energètica.
- d) Una millor comprensió del context específic socio-econòmic en el que la transició energètica permeti avançar en els obstacles d'una manera més efectiva.

Dins d'aquest tòpic es troben diferents convocatòries en les que cal cercar quines són les que es podria sol·licitar aquest finançament. Algunes de les que s'han aconseguit cercar i que es creu que podrien ser compatibles amb el projecte d'estudi són les següents:

1. El paper dels consumidors en el canvi de mercat mitjançant decisions informades i accions col·lectives. IDENTIFICADOR: LC-SC3-EC-1-2018-2019-2020(36)

En aquesta convocatòria es presenten un seguit d'objectius específics que es pretenen perseguir amb les sol·licituds que s'hi vulguin presentar. L'objectiu principal que es persegueix amb aquest tòpic és el de la participació activa i permanent dels consumidors del sistema elèctric que es proposi. Una condició prèvia per a la demanda activa és que els consumidors coneguin el seu propi potencial de reduir de manera permanent o temporal el consum d'energia, a més, per a ells saber com oferir aquest potencial al mercat i el que representaria en termes de valor monetari aportant beneficis al sistema energètic.

2. TOPIC: Recerca, innovació i educació per a la transició energètica. IDENTIFICADOR: LC-SC3-CC-5-2018

Aquest tòpic persegueix el desafiament específic del creixement del sector energètic cap a formes en baix contingut en carboni amb la innovació energètica, és a dir la necessitat de cercar nous talents, estudiants, etc, per fer front al canvi de model i realitzar un enfocament sistèmic. S'explica que el sector universitari és un actor clau en el camí cap a una Europa de baix carboni i que han de contribuir amb un paper indiscutible.

Aquest tòpic promou la comunicació i el treball entre sectors empresarials, de gestió del sistema energètic i universitaris per a un objectiu comú. És fonamental disposar de xarxes actives entre universitats i empreses.

Es preveu que amb l'ajuda dels finançaments s'ajudi a crear una generació d'investigadors i enginyers que puguin ser capaços de desenvolupar, millorar i implementar noves tecnologies energètiques que ajudin a satisfer els reptes de la transició energètica. Les propostes han d'abastar un o més dels caps següents:

- a) Energies renovables
- b) Emmagatzematge d'energia
- c) Sistemes d'energia intel·ligents i flexibles
- d) Captació, utilització i emmagatzematge de carboni

3. TOPIC: Smart Cities i comunitats

L'acord COP21 de París reconeix el paper tan important de les ciutats i les comunitats en la reducció de les emissions dels gasos d'efecte hivernacle.

Les sol·licituds que vulguin adherir-se aquesta convocatòria seran aquelles que promoguin solucions innovadores i integrals per a barris d'energia positiva. Hauran de considerar la interacció i la integració entre edificis, usuaris i el sistema energètic. Les propostes hauran de fer que les comunitats locals i els governs locals siguin una part activa i integral de la solució, augmentant la seva consciència energètica i assegurant el sentit de la propietat de les solucions assegurant la sostenibilitat dels barris o comunitats. Hauran, també de promoure la descarbonització, alhora que milloraran la qualitat de l'aire. Incorporar el seguiment del rendiment de les solucions implementades durant al menys dos anys.

7.2.2. Ajudes Estatals

REAL DECRETO 616/2017 Por el que se regula la concesión directa de subvenciones a proyectos singulares de entidades locales que favorezcan el paso a una economía baja en el marco del Programa operativo FEDER de crecimiento sostenible 2014-2020.(37)(38)

Les subvencions es restringeixen a entitats locals de menys de 20.000 habitants o bé agrupacions de les mateixes. Aquesta convocatòria es realitza sobre la base dels fons previstos en el Programa Operatiu de Creixement Sostenible del període 2014-2020 (POCS) per a projectes singulars en economia baixa en carboni desenvolupades per entitats locals, dintre de les quantitats a cofinançar per el Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER), de les que les Entitats locals podran disposar una vegada el projecta ha estat executat i pagat.

Els projectes singulars susceptibles a les subvencions regulades per aquest real decret tenen com a objectiu la reducció de les emissions de diòxid de carboni, millorant la eficiència energètica, la mobilitat urbana sostenible, o utilitzant font d'energies renovables.

Es marquen tres objectius específics en els que a cadascun hi poden intervenir diferents projectes, i en el que cadascun d'ells s'especifiquen diferents mesures:

1. **Objectiu Específic OE 431:** Promou l'eficiència energètica en la edificació i en les infraestructures i serveis públics.
2. **Objectiu Específic OE 451:** Es centra en la mobilitat urbana sostenible.
3. **Objectiu Específic OE 432:** Consisteix en augmentar l'ús de les energies renovables per a la producció d'electricitat i usos tèrmics en edificació i en infraestructures públiques, en particular afavorint la generació a petita escala en punts propers al consum

L'objectiu Específic OE 432 sembla que seria el que més s'adequa al projecte en qüestió. Dins de totes les mesures que s'hi marquen es podria incloure en la 15 i 16:

Mesura 15	<i>Instal·lacions solars fotovoltaïques destinades a generació d'energia elèctrica per autoconsum (connectades a xarxa i aïllades)</i>
Mesura 16	<i>Instal·lacions eòliques de petita potència dirigides a l'autoconsum elèctric (connectades a la xarxa i aïllades)</i>

Taula 21: Mesures de l'objectiu específic OE 432

S'estableix un límit de subvencions màxima per a cada Ajuntament de 5 milions d'euros, per tal d'evitar que es produeixi una excessiva concentració d'ajudes en una mateixa localitat.

Cost elegible màxim, que serà el que resulti de les següents expressions en funció del cas al que correspongui la instal·lació fotovoltaica, on p (W) és la potència de la instal·lació fotovoltaica:

Instal·lacions aïllades o connectades a la xarxa, sense sistema d'acumulació elèctrica i sense sistema de mesurament i registre de potència i de dades solars	Cost elegible màxim (€) = $3,0 \times P$ (W)
Instal·lacions aïllades o connectades a la xarxa, sense sistema d'acumulació elèctrica i amb sistema de mesurament i registre de potència i de dades solars	Cost elegible màxim (€) = $3,5 \times P$ (W)
Instal·lacions aïllades o connectades a la xarxa, amb sistema d'acumulació elèctrica i sense sistema de mesurament i registre de potència i de dades solars	Cost elegible màxim (€) = $6,0 \times P$ (W)
Instal·lacions aïllades o connectades a la xarxa, amb sistema d'acumulació elèctrica i amb sistema de mesurament i registre de potència i de dades solars	Cost elegible màxim (€) = $6,5 \times P$ (W)

Taula 22: Cost elegible màxim pels diferents tipus d'instal·lacions

La quantitat d'ajuda que es rep amb el cofinançament FEDER serà el que estigui assignat a cada regió en la que es trobi el projecte, i pot ser del 50%, el 80%, o el 85% en funció de la classificació de la regió. En el cas de Catalunya, aquest import correspon al del 50% de la despesa subvencionable.

Les entitats locals hauran de finançar l'actuació i rebran el cofinançament per part de FEDER una vegada l'actuació estigui concloua.

Les sol·licituds es poden presentar des del dia 18 de juliol de 2017 fins al 31 de desembre de 2018, o bé fins l'esgotament del pressupost disponible.(39)

Pressupost del projecte

Projecte:	Universitat Politècnica de Catalunya. EEBE Data: 11-gen-18 Viabilitat tècnica i econòmica de l'autosuficiència elèctrica del poble de Bolvir					
Codi	Concepte	Unitats	Preu unitari	Preu Total sense I.V.A	I.V.A (21%)	Preu Total amb I.V.A
A1	Hores de treball	560 u	15,00 €	8.400,00 €	1.764,00 €	10.164,00 €
A2	Desplaçaments i Transport	20 u	1,00 €	19,90 €	4,18 €	24,08 €
A5	Pack Office per a l'estudiant	1 u	69,00 €	69,00 €	14,49 €	83,49 €
	TOTAL			8.488,90 €	1.782,67 €	10.271,57 €

Conclusions

La principal conclusió extreta de l'elaboració d'aquest projecte és que l'autosuficiència elèctrica del poble de Bolvir és rendible econòmicament a partir de fonts renovables.

Cal destacar, per començar, que el consum del poble de Bolvir és gairebé domèstic, i a més, és elevat per la quantitat d'habitatges i d'habitants que hi resideixen. Això és degut a que és una zona molt turística i, a més, zona de segones residències amb un alt poder adquisitiu. Tot i que en aquest projecte no es planteja, el primer pas que s'hauria de fer hauria de ser aplicar l'eficiència energètica. És important que, com s'han vist en exemples d'altres països, si l'objectiu principal del poble és ser més conscients amb el medi ambient, es comenci per intentar reduir al màxim la factura del llum. Començant pels edificis públics a mode de referència per la gent del poble i informant molt bé dels seus habitants per a que prenguin importància en aquest fet.

La viabilitat de l'aprofitament eòlic a Bolvir, tot i no ser una zona de gaire vent, plantejant la instal·lació per a l'estalvi en els gestos de la llum no és viable econòmicament, tot i que sí ho sigui tècnicament. El retorn de la inversió es produeix molt tard, quan gairebé la instal·lació ja ha gastat la seva vida útil.

L'aprofitament solar té el mateix problema. La gran quantitat de bateries d'acumulació necessàries per al bon funcionament de la instal·lació i garantir el subministra de llum a les cases durant tot l'any, fa que el preu de la mateixa sigui molt elevat, i que, per tant no sigui rendible econòmicament dur a terme aquesta solució.

La opció que resulta més atractiva, però, seria la combinació d'ambdues tecnologies. Instal·lant, doncs, un aerogenerador de 2 MW i la resta cobrir-ho amb una instal·lació fotovoltaica. En aquest cas el retorn de la inversió es produeix al període tretze, i sí seria recomanable aquest sistema en un poble com Bolvir.

En referència a la cerca de possibles finançaments hi caldria destacar que tant en el terreny europeu com estatal, on s'emmarca el projecte s'erie en els objectius descrits per a la descarbonització del sistema. Tot i conèixer on es podria intentar una font de subvencions, no s'ha pogut saber la quantitat de diners que podrien pertocar per a l'elaboració d'un projecte com aquest.

Legalment, la instal·lació és d'autoconsum, es aïllada i no s'ha plantejat suport de la xarxa, per tant quedaria fora del Reial Decret 900/2015.

Per acabar, doncs, l'alternativa al model energètic actual, fent servir l'autoconsum i l'aïllament de la xarxa del poble de Bolvir resultaria, en un primer estudi, viable tècnica i econòmicament.

Referències bibliogràfiques

1. **Fundación Renovables.** *El cambio de modelo energético: necesidad, viabilidad y oportunidad.* [en línia]. [Consulta: 9 octubre 2017]. Disponible a: <https://fundacionrenovables.org/presentacion/el-cambio-de-modelo-energetico-necesidad-viabilidad-y-oportunidad/>.
2. **Muy interesante.** *La Tierra ya ha superado el límite de consumo de sus recursos naturales.* [en línia]. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible a: <https://www.muyinteresante.es/naturaleza/video/la-tierra-al-limite-de-consumo-de-sus-recursos-naturales>.
3. **Loyola, I. De i Ausin, H.** 2010 *En el marco del cambio climático : pasado , presente y escenarios futuros.*
4. **Energía y Sociedad.** 1.6. *Insostenibilidad del sistema energético y vías de solución.* [en línia]. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible a: http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-6-insostenibilidad-del-sistema-energetico-y-vias-de-solucion/#_ftn46.
5. **Red Eléctrica de España.** *Informe sobre la Operación del Sistema Eléctrico en 2016.* [en línia]. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/informe-anual/informe-del-sistema-electrico-espanol-2016>.
6. **Morris, C. i Pehnt, M.** *Energy transition, the global Energiewende.* [en línia]. [Consulta: 12 octubre 2017]. Disponible a: <https://energytransition.org/>.
7. ICAEN. *Les claus de la transició energètica.*
8. **Quèquicom.** *Què és la petjada de carboni?* [en línia]. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.ccma.cat/tv3/alacarta/quequicom/que-es-la-petjada-de-carboni/video/5605665/>.
9. **Departament de Territori i Sostenibilitat.** *Petjada de Carboni.* [en línia]. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible a: http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/empresa_i_produccio_sostenible/estrategia_ecodisseny/ecodisseny/eines/eines_av/petjada_carboni/.
10. **Goodall, C.** *How to ... reduce your carbon footprint.* A: *The Guardian* [en línia]. 2017. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible a: <https://www.theguardian.com/environment/2017/jan/19/how-to-reduce-carbon-footprint>.
11. **Cloud Energy.** *What is a carbon footprint.* [en línia]. 2008. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible a: <https://cloudenergy.com.ng/blog/what-carbon-footprint>.
12. **Go 100% Renewable Energy.** *City of Schoenau.* [en línia]. [Consulta: 17 octubre 2017]. Disponible a: http://www.go100percent.org/cms/index.php?id=69&tx_ttnews%5Btt_news%5D=77&cHash=5728df4fa28c1176578285f56d85a309.
13. **Alternet.** *How to Start Your Own Power Company, Stop Coal and Nukes, and Transform Your City*

| Alternet. [en línia]. [Consulta: 17 octubre 2017]. Disponible a: https://www.alternet.org/story/154743/how_to_start_your_own_power_company_stop_coal_and_nukes_and_transform_your_city?page=entire.

14. **Energy Democracy.** *Elektrizitätswerke Schönau, Germany* | *ENERGY DEMOCRACY*. A: [en línia]. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.energy-democracy.net/?p=1067>.

15. **Transition Times.** *Renewable Energy Case Study: Güssing, Austria* - YouTube. [en línia]. [Consulta: 15 octubre 2017]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=4Pc1rk0xONA>.

16. **The Ecotipping Points Project.** *Germany - Freiburg - Green City* [en línia]. [Consulta: 18 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.ecotippingpoints.org/our-stories/indepth/germany-freiburg-sustainability-transportation-energy-green-economy.html>.

17. **DW English.** *Green Revolution - The Freiburg Model* | *Made in Germany* - YouTube. [en línia]. [Consulta: 18 octubre 2017]. Disponible a: https://www.youtube.com/watch?v=dNizN2e_Hnc.

18. **RegenVillages.** [en línia]. [Consulta: 23 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.regenvillages.com/>.

19. *ReGen Villages is building off-grid, self-sufficient neighborhoods* - *Business Insider*. [en línia]. [Consulta: 23 octubre 2017]. Disponible a: <http://www.businessinsider.com/self-sufficient-village-regen-2016-9>.

20. **Idescat.** *El Municipi en xifres*. [en línia]. [Consulta: 25 setembre 2017]. Disponible a: <http://www.idescat.cat/emex/?id=170242#h3e40000>.

21. *Clima Bolvir: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Bolvir* [en línia]. [Consulta: 25 setembre 2017]. Disponible a: <https://es.climate-data.org/location/495533/>.

22. **Institut Català d'Energia.** [en línia]. [Consulta: 25 setembre 2017]. Disponible a: <http://icaen.gencat.cat/ca/inici/>.

23. **Laitec, I.** *Caracterización del viento*. A: . 2004,

24. **IDAE.** *Atlas eólico*. [en línia]. [Consulta: 30 octubre 2017]. Disponible a: <http://atlaseolico.idae.es/meteosim/>.

25. **Ratés, S.** *The wind resource*. A: . 2016,

26. **Martinez Garcia, H.** *BLOQUE I Sistemas de ESF : Dimensionado de Instalaciones con Baterías*. A: . 2014,

27. **Martinez Garcia, H.** *Guía de Diseño Mejorado en el Dimensionado de una Instalación de ESF Elección de la Inclinación Óptima de los Paneles Fotovoltaicos Determinación de la Inclinación Adecuada en Colectores Solares (I) Inclinación del colector solar : Inclinación Suelo h*. A: . 2014,

28. **Martinez Garcia, H.** *Guía de Diseño Mejorado en el Dimensionado de una Instalación de ESF Capacidad y Régimen de Funcionamiento de una Batería (I) Capacidad y Régimen de Funcionamiento de una Batería (II) Capacidad y Régimen de Funcionamiento de una Batería (III)*. A:



. 2014,

29. **Martínez García, H.** *Guía de Diseño Mejorado en el Dimensionado de una Instalación de Energía Solar Fotovoltaica*. A: . 2014, p. 139.

30. **Costa Campi, M.T.** *Evolución del sector eléctrico español (1975-2015)*. A: *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía* [en línea]. 2016, núm. 889-890, p. 139-156. Disponible a: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5788361>.

31. **Ministerio de Industria, Energía y Turismo.** *Real Decreto 900/2015 de Autoconsumo*. 2015. Boletín Oficial del Estado.

32. **Consell de Garanties Estatutàries de Catalunya.** *DICTAMEN 26/2015 sobre el Reial Decret 900/2015*. 2015.

33. **Comparador de Luz.** *Precio kWh electricidad*. [en línea]. [Consulta: 20 novembre 2017]. Disponible a: <https://comparadorluz.com/faq/precio-kwh-electricidad#2>.

34. **Deloitte.** *La eólica en la economía Española*. [en línea]. [Consulta: 25 novembre 2017]. Disponible a: http://www.aeeolica.org/uploads/Estudio_La_eolica_en_la_economia_espanola_2012_2015.pdf.

35. *BUILDING A LOW-CARBON, CLIMATE RESILIENT FUTURE: SECURE, CLEAN AND EFFICIENT ENERGY*. [en línea]. [Consulta: 3 diciembre 2017]. Disponible a: <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/calls/h2020-lc-sc3-2018-2019-2020.html#;c=callIdentifier/t/H2020-LC-SC3-2018-2019-2020/1/1/1/default-group&callStatus/t/Forthcoming/1/1/0/default-group&callStatus/t/Open>.

36. *The role of consumers in changing the market through informed decision and collective actions*. [en línea]. [Consulta: 2 diciembre 2017]. Disponible a: <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/lc-sc3-ec-1-2018-2019-2020.html>.

37. **Secretaría de Estado de Energía.** *Memoria del análisis del impacto normativo del proyecto Real Decreto por el que se regula la concesión directa de subvenciones a proyectos singulares de entidades locales que favorezcan el paso a una economía baja en carbono en el marco del programa opera*. 2017.

38. **IDAE.** *Para proyectos de inversión que favorezcan el paso a una economía baja en carbono (FEDER -POCS 2014-2020) | IDAE*. [en línea]. [Consulta: 4 diciembre 2017]. Disponible a: <http://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-proyectos-de-inversion-que-favorezcan-el-paso-una-economia-baja-en>.

39. **IDAE.** *Ayudas y financiación*. [en línea]. [Consulta: 4 gener 2018]. Disponible a: <http://www.idae.es/ayudas-y-financiacion>.

Annex A

Documents tècnics dels equips utilitzats.

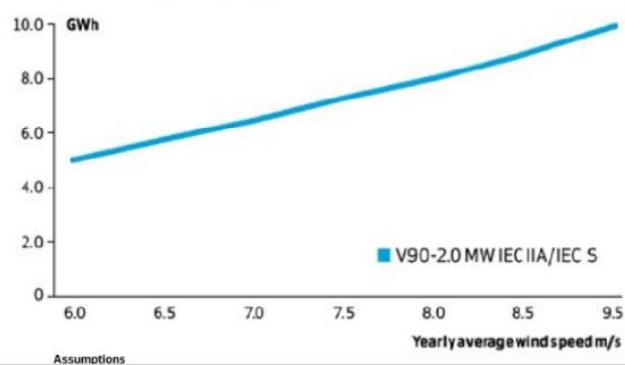
V90-2.0 MW™ at a glance

The V90-2.0 MW™ IEC IIA/IEC S turbines build on proven technology over several generations ensuring great reliability, serviceability and availability. The high level of availability of the V90-2.0 MW™ IEC IIA/IEC S allows you to forecast confidently and strengthens the business case for investment, while their design and performance ensure that you can produce energy from low- to medium-wind sites at a low cost.

Technical Specifications

OPERATIONAL DATA		GEARBOX	
Rated power	2,000 kW/2,200 kW	Type	two helical stages and one planetary stage
Cut-in wind speed	4 m/s	TOWER	
Cut-out wind speed	25 m/s	Type	tubular steel tower
Re cut-in wind speed	23 m/s	Hub heights	80 m (IEC IIA), 95 m (IEC IIA) and 105 m (IEC IIA)
Wind class	IEC IIA, IEC S	NACELLE DIMENSIONS	
Operating temperature range standard turbine	-20 °C to 40 °C	Height for transport	4 m
Operating temperature range low temperature turbine	-30 °C to 40 °C	Height installed (incl. CoolerTop®)	5.4 m
SOUND POWER		Length	10.4 m
Maximum	1.04 dB*	Width	3.5 m
* Noise modes available		HUB DIMENSIONS	
ROTOR		Max. transport height	3.4 m
Rotor diameter	90 m	Max. transport width	4 m
Swept area	6,362 m²	Max. transport length	4.2 m
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders	BLADE DIMENSIONS	
ELECTRICAL		Length	44 m
Frequency	50/60 Hz	Max. chord	3.9 m
Generator type	4-pole (50 Hz)/6-pole (60 Hz) doubly fed generator, slip rings	Max. weight per unit for transportation	70 tonnes

AEP Curve



Assumptions

Product Information SWT-3.2-113

Simplifying profitability

The SWT-3.2-113 was created so that you get the most out of your unique onshore sites, with features that maximize returns without compromise. Based on the proven, simple, and highly efficient direct drive technology it delivers high value while minimizing the cost of energy.



Innovative design for performance optimization

The competitive edge of the SWT-3.2-113 turbine comes from its innovative blade design. The B55 is the first one made using the Quantum Blade technology and applies new airfoils and redesigned tip and root sections, resulting in minimized loads and maximum energy output for this size of turbine. Furthermore, due to a lower but variable rotor speed, the SWT-3.2-113 has reduced noise emission.

Tower heights between 83.5 and 115 m take you and your investment higher than predecessor models could. To get the most out of moderate wind conditions, the SWT-3.2-113 can be equipped with additional features – like the High Wind Ride-Through functionality to avoid abrupt shutdowns at higher wind speeds, or the power boost function, which can increase the turbine's annual output by up to 4%.

The combination of high energy output and low noise levels makes the direct drive SWT-3.2-113 turbine the ideal choice for most inland sites across the globe.

Technical specifications at a glance

SWT-3.2-113 ▲▼	▲▼
Swept area	10,000 m2
Rotor diameter	113 m
Power regulation	Pitch regulated
Nominal Power	3,200 kW
IEC Class	IIA
Hub height	83.5 - 115 m
Blade length	55 m
Annual output at 7.5 m/s	12.2 GWh (3.2 MW)

SWT-3.2-113 ▲▼	▲
Power regulation	Pitch regulated
IEC Class	IIA
Hub height	83.5 - 115 m
Blade length	55 m
Nominal Power	3,200 kW
Annual output at 7.5 m/s	12.2 GWh (3.2 MW)
Rotor diameter	113 m
Swept area	10,000 m2

Datos técnicos



VITOVOLT 300

Modelo P255PGHC, P260PGHC, P265PGHC

Módulos fotovoltaicos policristalinos

con 255/260/265 W_p de potencia nominal

Para generar electricidad a partir de energía solar

Ventajas

- Rendimiento del módulo de hasta el 16,3 %.
- Gran capacidad de carga mecánica para altas cargas de nieve (5400 Pa) y viento/succión (2400 Pa) gracias al marco de aluminio resistente a la corrosión.
- Los diodos de by-pass integrados garantizan un alto aporte de energía incluso si las superficies están parcialmente en sombra (se evitan los puntos calientes por el efecto denominado "hot spot").
- Uso de componentes de marca de primera calidad para una idónea protección de punto caliente, buen funcionamiento en condiciones de poca luz y degradación reducida.
- lámina de vidrio solar de 3,2 mm con revestimiento antirreflejante para aportes de energía máximos.
- Reducción de potencia positiva para una potencia positiva de hasta 5 W_p por módulo.
- La resistencia probada contra la niebla salina y el amoníaco posibilita el uso en regiones de costa y en agricultura.
- Los certificados conforme a las normas IEC 61215 e IEC 61730 garantizan estándares de calidad internacionales.

Viessmann Werke GmbH & Co. KG
D-35107 Allendorf (Alemania)
Teléfono: +49 6452 70-0
Fax: +49 6452 702780
www.viessmann.de

Datos técnicos

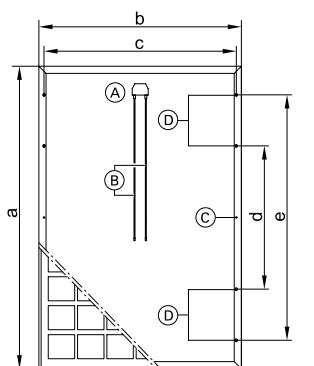
Datos técnicos

Vitovolt 300	Modelo	P255PGHC	P260PGHC	P265PGHC
Datos de rendimiento con STC¹				
Potencia nominal $P_{m\acute{a}x.}$	W_p	255	260	265
Tolerancia en potencia	W	-0/+5	-0/+5	-0/+5
Tensión en MPP ² U_{mpp}	V	30,64	30,93	30,97
Corriente en MPP ² I_{mpp}	A	8,32	8,43	8,58
Tensión de circuito abierto U_{oc}	V	37,50	37,67	38,17
Corriente de cortocircuito I_{sc}	A	8,76	8,83	9,02
Rendimiento del módulo	%	15,7	16,0	16,3
Coefficientes de temperatura				
Potencia	%/K	-0,42	-0,42	-0,42
Tensión de circuito abierto	%/K	-0,31	-0,31	-0,31
Corriente de cortocircuito	%/K	0,046	0,046	0,046
Temperatura de la célula con NOCT³	°C	44,1	44,1	44,1
Reducción del rendimiento a 200 W/m²	%	3	3	3
Tensión máxima del sistema	V	1000	1000	1000
Resistencia de corriente de retorno	A	15	15	15

¹ STC = Standard Test Conditions (condiciones de prueba estandarizadas: nivel de radiación 1000 W/m², temperatura de la célula 25 °C y distribución espectral AM 1,5).

² MPP = Maximum Power Point (potencia máxima en STC).

³ NOCT = Nominal Operating Cell Temperature (temperatura operativa nominal de las células: nivel de radiación 800 W/m², distribución espectral AM 1,5, velocidad del viento 1 m/s, temperatura ambiente 20 °C).



- (A) Caja de conexiones
- (B) Cables de conexión
- (C) 6 Conexiones para potencial de tierra (Ø 4 mm)
- (D) Taladros de montaje (8 x Ø 9)

Tabla de dimensiones

a	mm	1640
b	mm	992
c	mm	-
d	mm	850
e	mm	1250
f	mm	40
g	mm	32
h	mm	12
k	mm	1,8

Tipo de célula:	Célula policristalina de silicio 156 mm x 156 mm (6 pulgadas)
Número de células:	60 (6 x 10)
Tolerancia en la medición:	± 3 %
Encapsulado de las células (material):	etil-vinil-acetileno (EVA)
Caja de conexiones (clase de protección):	IP65, 3 diodos
Marco:	anodizado, plateado
Cristal frontal:	vidrio de seguridad sencillo de 3,2 mm con revestimiento antirreflejante
Peso:	18,5 kg
Carga máx. por presión/succión:	5400 Pa/2400 Pa
Conexión:	cables de 1,0 m de longitud con una sección de hilo de 4 mm ² con Multicontact MC4 Conector
Requisitos estáticos:	la estructura de la cubierta debe poder soportar la fuerza del viento
Clase de protección:	II
Clase de aplicación:	A
Unidad de envío:	26 unidades por palet

Garantía del producto

5 años: Garantía Viessmann

10 años: Garantía de producto ampliada de Viessman

Garantía de potencia

mín. 97 % después de un año

mín. 80 % de forma lineal después de 25 años

Indicación

Garantía de potencia y del producto conforme a las condiciones de garantía de Viessmann Werke GmbH & Co KG
Condiciones de garantía: www.viessmann.es.

Calidad probada

Certificado conforme a: IEC 61215, IEC 61730

Producido en fábricas certificadas con la norma ISO 9001 y 14001.

Homologación CE conforme a las Directivas de la CE vigentes.

Vitovolt 300

Modelo PGHC

Indicaciones de seguridad



Siga estrictamente estas indicaciones de seguridad para evitar riesgos y daños personales y materiales.

El montaje, la primera puesta en funcionamiento, la inspección, el mantenimiento y las reparaciones deberán ser efectuadas por especialistas autorizados (empresa instaladora de calefacción/empresa instaladora autorizada).

Cuando se vayan a realizar trabajos en el equipo/la instalación de calefacción, desconéctelos de la tensión (p. ej., mediante el fusible correspondiente o el interruptor principal) y protéjalos de conexiones involuntarias.

Las reparaciones de componentes con funciones de seguridad técnica suponen un peligro para el funcionamiento seguro de la instalación.

A la hora de sustituir componentes, sólo se deben utilizar repuestos originales de Viessmann o repuestos de calidad similar autorizados por Viessmann.

Dimensiones

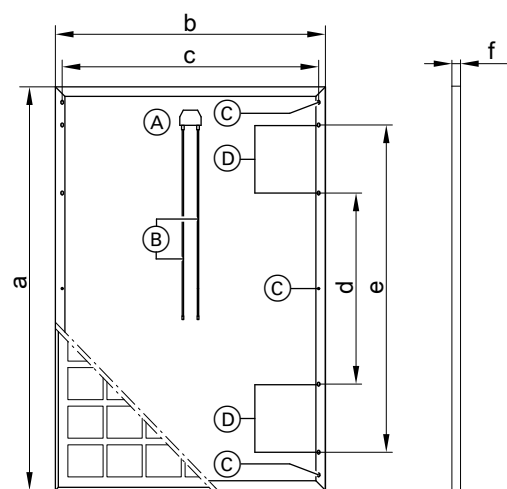


Fig. 1

Medidas en mm

a	1640
b	992
c	946
d	808
e	1232
f	40

- (A) Caja de conexiones
- (B) Cables de conexión
- (C) 6 conexiones para potencial de tierra, \varnothing 4 mm
- (D) 8 taladros de montaje, \varnothing 9 mm

Valores prefijados de fijación

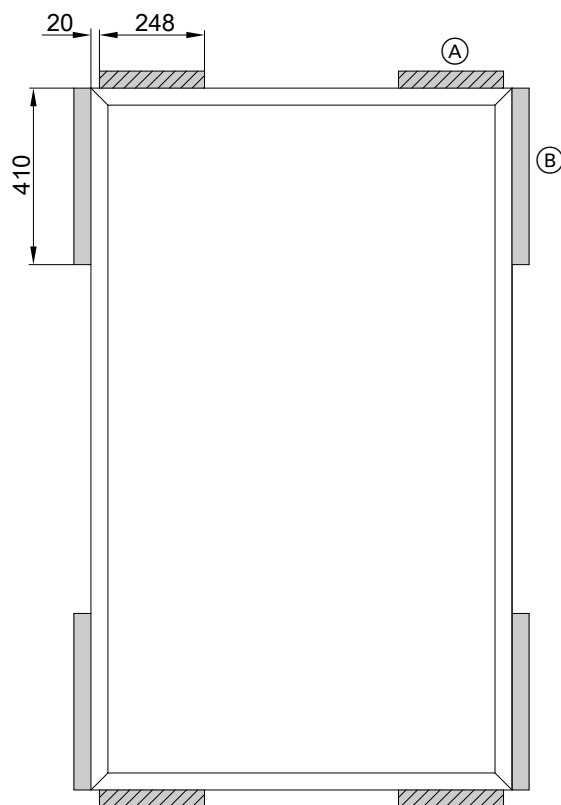


Fig. 2

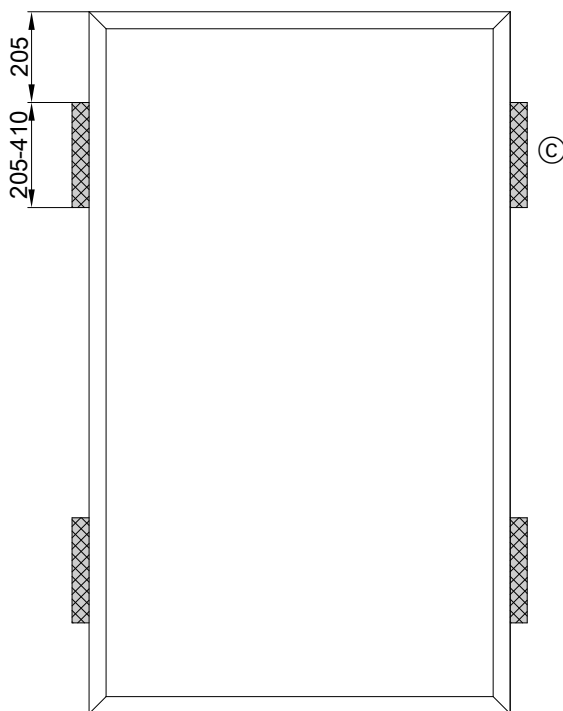


Fig. 3

Bornas	Carga máx.	
	por presión	por succión
Rango ①	2400 Pa (243 kg/m ²)	2400 Pa (243 kg/m ²)
Rango ②	2400 Pa (243 kg/m ²)	
Punto ③	5400 Pa (550 kg/m ²)	

Datos técnicos

Datos de rendimiento en condiciones de prueba estándares (STC = Standard Test Conditions):

Vitovolt 300, modelo		P250PGHC	P255PGHC	P260PGHC	P265PGHC
Potencia nominal $P_{m\acute{a}x.}$	W_p	250	255	260	265
Tolerancia en potencia	W	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5
Tensión a potencia máxima (MPP) U_{mpp}	V	30,34	30,64	30,93	30,97
Corriente a potencia máxima (MPP) U_{mpp}	A	8,24	8,32	8,43	8,58
Tensión de circuito abierto U_{oc}	V	37,33	37,5	37,67	38,17
Corriente de cortocircuito I_{sc}	A	8,69	8,76	8,83	9,02
Rendimiento del módulo	%	15,4	15,7	16,0	16,3

Para las tolerancias en la medición de los módulos, consultar los datos técnicos correspondientes.

Datos técnicos (continuación)

Condiciones de prueba estándares (STC):

- Nivel de radiación: 1000 W/m²
- Temperatura de la célula: 25 °C
- Distribución espectral: AM 1,5

Puesta en funcionamiento



Instrucciones de montaje y para mantenedor y
S.A.T. de "Vitovolt"

Baterías solares OPzS

www.victronenergy.com



OPzS Solar batteries 910

Baterías de placa tubular inundada de larga duración

Vida útil: >20 años a 20°C, > 10 años a 30°C, >5 años a 40°C.

Cantidad de ciclos posibles: más de 1.500 ciclos al 80 % de descarga.

Fabricada según las normas DIN 40736, EN 60896 y IEC 61427.

Mantenimiento reducido

En condiciones normales de funcionamiento, se deberá añadir agua destilada cada 2 – 3 años a 20°C.

Baterías de carga en seco o de electrolitos listas para usar

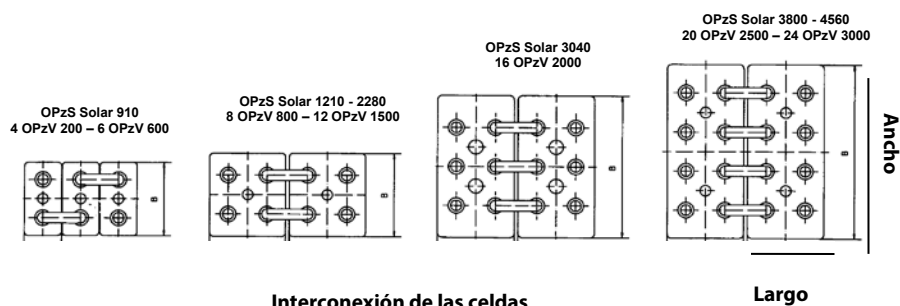
Las baterías están disponibles rellenas de electrolito o cargadas en seco (para almacenamiento prolongado, transporte en contenedor o transporte aéreo). Las baterías cargadas en seco deben rellenarse con ácido sulfúrico diluido (densidad 1,24kg/l @ 20°C).

Las de electrolito pueden ser más resistentes en climas fríos y más frágiles en climas calientes.

Aprenda más sobre baterías y cargas

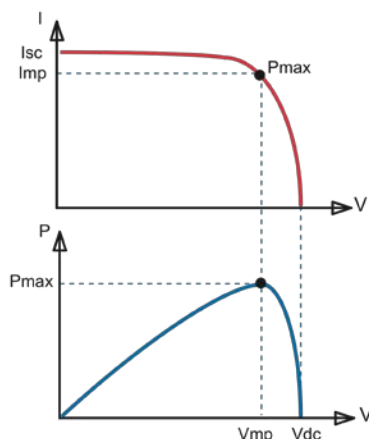
Para saber más sobre baterías y carga de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Energy Unlimited" (disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com).

Tipo OPzS	OPzS Solar 910	OPzS Solar 1210	OPzS Solar 1520	OPzS Solar 1830	OPzS Solar 2280	OPzS Solar 3040	OPzS Solar 3800	OPzS Solar 4560
Capacidad nominal (120 hr / 20°C)	910 Ah	1210 Ah	1520 Ah	1830 Ah	2280 Ah	3040 Ah	3800 Ah	4560 Ah
Capacidad (10 hr / 20°C)	640 Ah	853 Ah	1065 Ah	1278 Ah	1613 Ah	2143 Ah	2675 Ah	3208 Ah
Capacidad 2 / 5 / 10 horas (% de capacidad de 10 hr.)	60 / 85 / 100 / 120/ 150 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacidad 20 / 24 / 48 / 72 horas (% de capacidad de 120 hr.)	77 / 80 / 89 / 95 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacity 100 / 120 / 240 hours (% de capacidad de 120 hr.)	99 / 100 / 104 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Autodescarga @ 70°F/20°C	3% mensual							
Tensión de absorción (V) @ 70°F/20°C	2,35 a 2,50 V/celda (28,2 a 30,0 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de flotación (V) @ 70°F/20°C	2,23 a 2,30 V/celda (26,8 a 27,6 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de almacenamiento (V) @ 70°F/20°C	2,18 a 2,22 V/celda (26,2 a 26,6 V para una batería de 24 voltios)							
Vida útil en flotación (V) @ 70°F/20°C	20 años							
Cantidad de ciclos @ 80% de descarga	1500							
Cantidad de ciclos @ 50% de descarga	2800							
Cantidad de ciclos @ 30% de descarga	5200							
Dimensiones (al x an x p en mm.)	145 x 206 x 711	210 x 191 x 711	210 x 233 x 711	210 x 275 x 711	210 x 275 x 861	212 x 397 x 837	212 x 487 x 837	212 x 576 x 837
Dimensiones (al x an x p en pulgadas.)	5,7 x 8,1 x 28	8,3 x 7,5 x 28	8,3 x 9,2 x 28	8,3 x 10,8 x 28	8,3 x 10,8 x 33,9	8,4 x 15,6 x 32,9	8,4 x 19,2 x 32,9	8,4 x 22,7 x 32,9
Peso sin ácido (kg. / libras)	35 / 77	46 / 101	57 / 126	66 / 146	88 / 194	115 / 254	145 / 320	170 / 375
Peso con ácido (kg. / libras)	50 / 110	65 / 143	80 / 177	93 / 205	119 / 262	160 / 253	200 / 441	240 / 530



Controladores de carga BlueSolar MPPT - Descripción general

www.victronenergy.com



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Características especiales

- Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)
- Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
- Salida de carga en los modelos pequeños
- BatteryLife: gestión inteligente de la batería mediante la desconexión de cargas
- Reconocimiento automático de la tensión de la batería
- Algoritmo de carga flexible
- Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Color Control GX

Todos los controladores de carga MPPT de Victron Energy son compatibles con el Color Control GX: El Color Control GX ofrece un control y monitorización intuitivos de todos los productos conectados a él. La lista de productos Victron que pueden conectarse es interminable: inversores, Multis, Quattros, MPPT 150/70, serie BMV-600, serie BMV-700, Skylla-I, Lynx Ion y muchos más.

VRM Online Portal

Además de monitorizar y controlar productos en el Color Control GX, la información también se envía a nuestra página web gratuita de monitorización remota: el Portal en línea VRM. Para hacerse una idea del portal online VRM, visite <https://vrn.victronenergy.com> y utilice el botón "Take a look inside". El portal no tiene ningún tipo de coste.

Producto relacionado: EasySolar

Cableado mínimo y solución todo-en-uno: EasySolar lleva las soluciones energéticas un paso más allá, al combinar un controlador de carga BlueSolar ultrarrápido (MPPT), un inversor/cargador y un distribuidor CA, todo en un solo dispositivo.

Modelo	Salida de carga	Ventilador	Tensión de la batería	Pantalla opcional	Color Control GX	Puerto COM
75/10	Sí	No	12/24	MPPT control	Compatible	VE.Direct
75/15	Sí	No	12/24	MPPT control	Compatible	VE.Direct
100/15	Sí	No	12/24	MPPT control	Compatible	VE.Direct
100/30	No	No	12/24	MPPT control	Compatible	VE.Direct
100/50	No	No	12/24	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/35	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/45-Tr	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/45-MC4	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/60-Tr	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/60-MC4	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/70-Tr	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/70-MC4	No	No	12/24/36/48	MPPT control	Compatible	VE.Direct
150/70 CAN-bus	No	Sí	12/24/36/48	Pantalla integrada	Compatible	VE.Can
150/85 CAN-bus	No	Sí	12/24/36/48	Pantalla integrada	Compatible	VE.Can



MPPT150/60-MC4



MPPT Control



150/70 & 150/85 CAN-bus

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

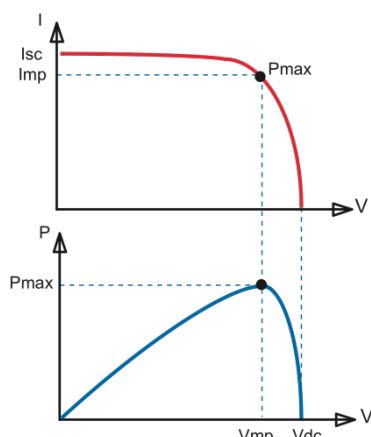
MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com


**Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr**



**Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4**



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

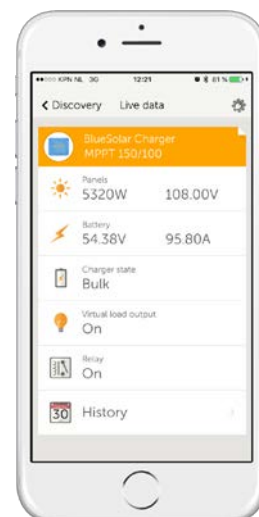
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

CARCASA

Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales FV 3)	35 mm ² /AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)	
Bornes de batería	35 mm ² / AWG2	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	3kg	4,5kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm

ESTÁNDARES

ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.	
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	
2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alto dañaría el controlador.	
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.	
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)	

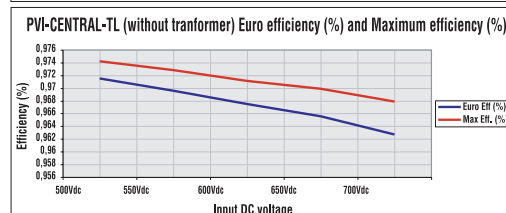
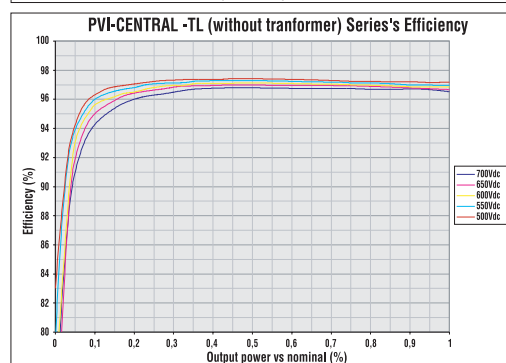
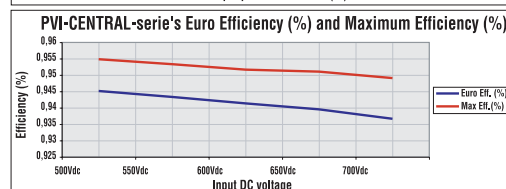
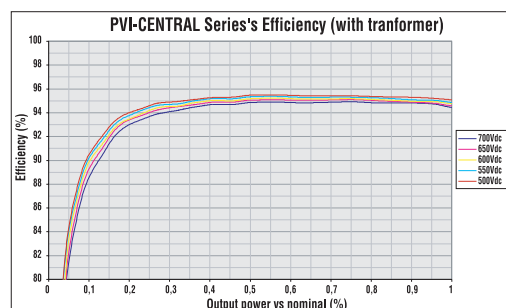
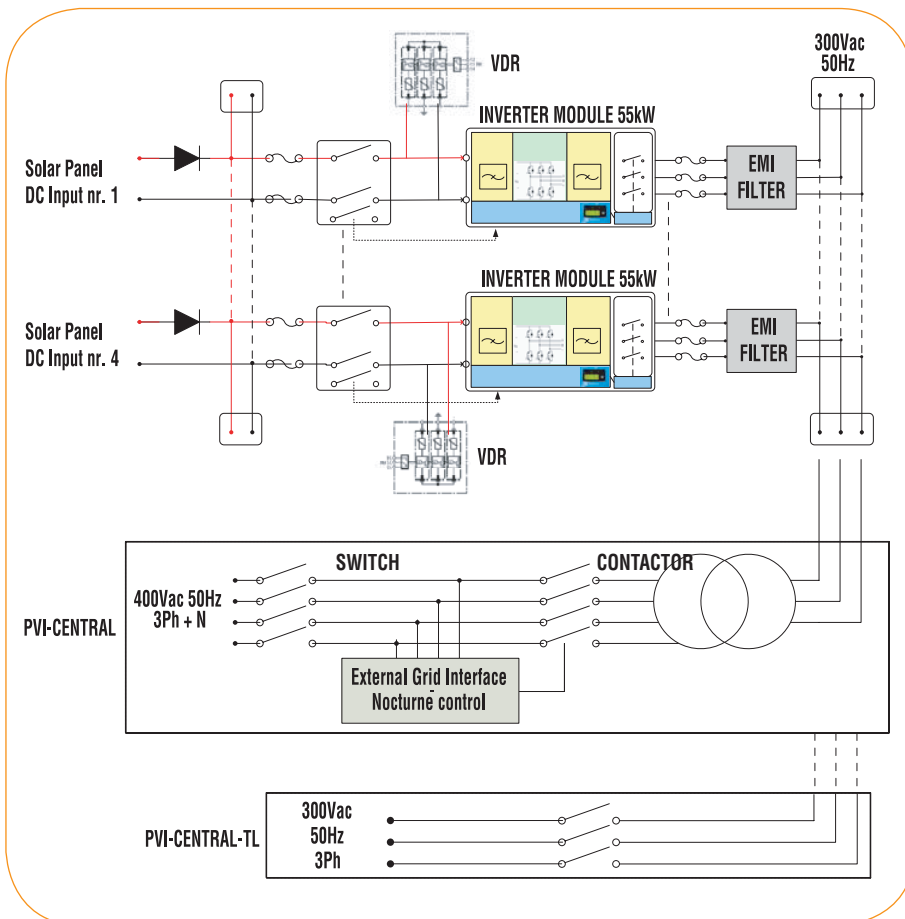
Especificación General Modelo Centralizado PVI-CENTRAL-100-ES PVI-CENTRAL-100-TL-ES

LAS VENTAJAS DE AURORA®

- Doble canal de entrada con opción "Master-Slave" (módulos en paralelo) o "Multi-Master" (módulos independientes).
- Muy bajo ruido acústico (<54dBa) gracias a la alta frecuencia de conmutación (18kHz).
- Alto rendimiento de conversión
- Configuración modular con unidades independientes de 55 kW.
- Extrema facilidad en mantenimiento gracias a la posibilidad de conexión / desconexión en "caliente" de los módulos.
- Integradas las conexiones, protecciones y desconexión de CC y CA Preparado para la conexión sin un equipo externo
- Reducción de la sensibilidad a la señal de DC cuando se reduce la potencia de conversión a un solo convertidor de 55 kW.
- Disponibilidad de versiones sin transformador de BT para conexión directa a la celda de MT (con traf. MT)



Diagrama de bloques - 110Kw-220Kw



CARACTERÍSTICAS	PVI-CENTRAL-100	PVI-CENTRAL-100-TL
PARAMETROS DE ENTRADA		
Máxima Potencia PV recomendada [kWp]	-	
Total (modo master/slave)	118	118
Por canal (modo multi-master)	59	59
Máxima Tensión de entrada admisible [Vdc]	900	900
Rango de Tensión MPPT de entrada [Vdc]	465 - 850 (550 nominal)	465 - 850 (550 nominal)
Número de MPPT independientes		
Configuración multi-master	2	2
Configuración multi-master/slave	na	na
Configuración master/slave	1	1
Máxima Corriente Total de entrada [Adc]	246	246
Modo multi-master (cada módulo)	123	123
Factor de distorsión DC	< 3%	< 3%
Número de entradas DC disponibles	2	2
Máxima sección del cable de entrada DC (cada polaridad)	2x120mmq (M10)	2x120mmq (M10)
EQUIPAMIENTO DE SERIE - ENTRADA		
Control de Aislamiento	Si, con alarma	Si, con alarma
Protección DC integrada		
Prot. Inversión de polaridad y corriente inversa (cada entrada)	Si, con diodo en serie	Si, con diodo en serie
Prot. sobrecorriente con fusible (cada entrada/ambas polaridades)	125A/1000V	125A/1000V
Interruptor- seccionador DC (cada entrada)	125A/1000V	125A/1000V
Prot. Sobretensión en la entrada (con seguimiento)	2 (1 por entrada)	2 (1 por entrada)
PARÁMETROS DE SALIDA		
Potencia de salida Nominal AC, PACnom [hasta 50°C, kW]	110	110
Corriente de salida Nominal AC [Arms]	162	216
Rango de Tensión de salida AC [Vrms]	3 x 400 +/-15%	3 x 300 +/-20%
Frecuencia Nominal AC [Hz]	50 / 60	50 / 60
Factor de Potencia [cos φ]	>0.99 (@ Pac nominal)	>0.99 (@ Pac nominal)
Distorsión de la Corriente AC [THD%]	< 4% (@ Pac nominal)	< 4% (@ Pac nominal)
Frecuencia de conmutación del Inversor [kHz]	18	18
Máxima sección del cable de salida AC (cada fase)	1x90mmq (M8)	1x240mmq (M12)
EQUIPAMIENTO DE SERIE - SALIDA		
Contacto AC (desconexión nocturna del transformador)	Si	No
Interruptor AC (Magnetotérmico)	Si	Si
Protección contra sobretensión lado AC (entrada AUX y salida AC)	Si	Si
RENDIMIENTO EN LA CONVERSIÓN		
Rendimiento máximo % (@ Vin nom)	95,50%	97,50%
Rendimiento Euro % (@ Vin nom)	94,50%	96,90%
PARÁMETROS AMBIENTALES		
Grado de Protección Ambiental	IP20	IP20
Rango de Temperatura de Trabajo	-10°C...+50°C	-10°C...+50°C
Caudal de aire necesario en la entrada	2000m3/h	2000m3/h
Humedad Relativa (sin condensación)	< 95%	< 95%
Ruido Audible [dBA @ 1m]	<65	<63
ALIMENTACIÓN AUXILIAR		
Tensión de la alimentación Auxiliar Externa	3x400Vac + N, 50/60Hz	3x400Vac + N, 50/60Hz
Maximo consumo en funcionamiento	<0.2% of PACnom	<0.15% of PACnom
Consumo nocturno [W]	<30W	<30W
INTERFAZ DE COMUNICACIÓN / USUARIO		
Puerto de Comunicación (PC / Datalogger)	1 x RS485 (RS485_USR)	1 x RS485 (RS485_USR)
Comunicación con la caja DC (PVI-STRINGCOMB)	1 x RS485 (RS485_2)	1 x RS485 (RS485_2)
Comunicación Remota (opcional)	WEBLOGGER (Ethernet, GPRS)	WEBLOGGER (Ethernet, GPRS)
Interfaz de usuario	Display con 2 líneas (por cada módulo inversor)	Display con 2 líneas (por cada módulo inversor)
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		
Dimensiones (WxHxD) [mm]	1250x1570(*)x810	1250 x 1030(*) x 810
(*) No incluido el conducto de aire de salida		
Peso Total [kg]	900	480
Peso Módulo de 55kW [kg]	65	65
CERTIFICACIONES		
EMC	*EN 61000-6-2, EN 61000-6-4 ; EN 61000-3-11; EN 61000-3-12	
Conformidad CE	Si	
Conexión a la red	DK5940 Ed. 2.2, VDEW, RD1663/2000	

MODELOS

CÓDIGO MODELO	CONFIGURACIÓN
PVI-CENTRAL-100	con transformador
PVI-CENTRAL-100-TL	sin transformador

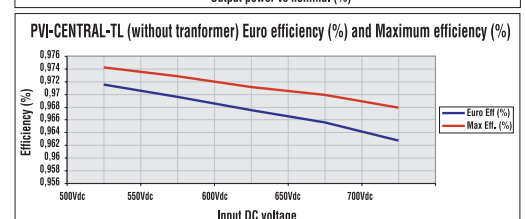
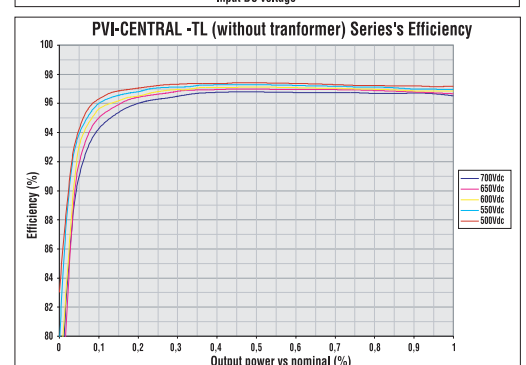
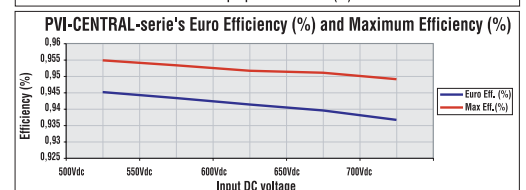
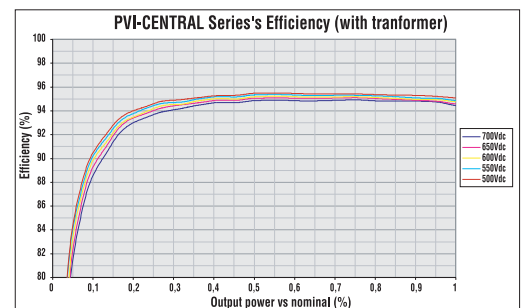
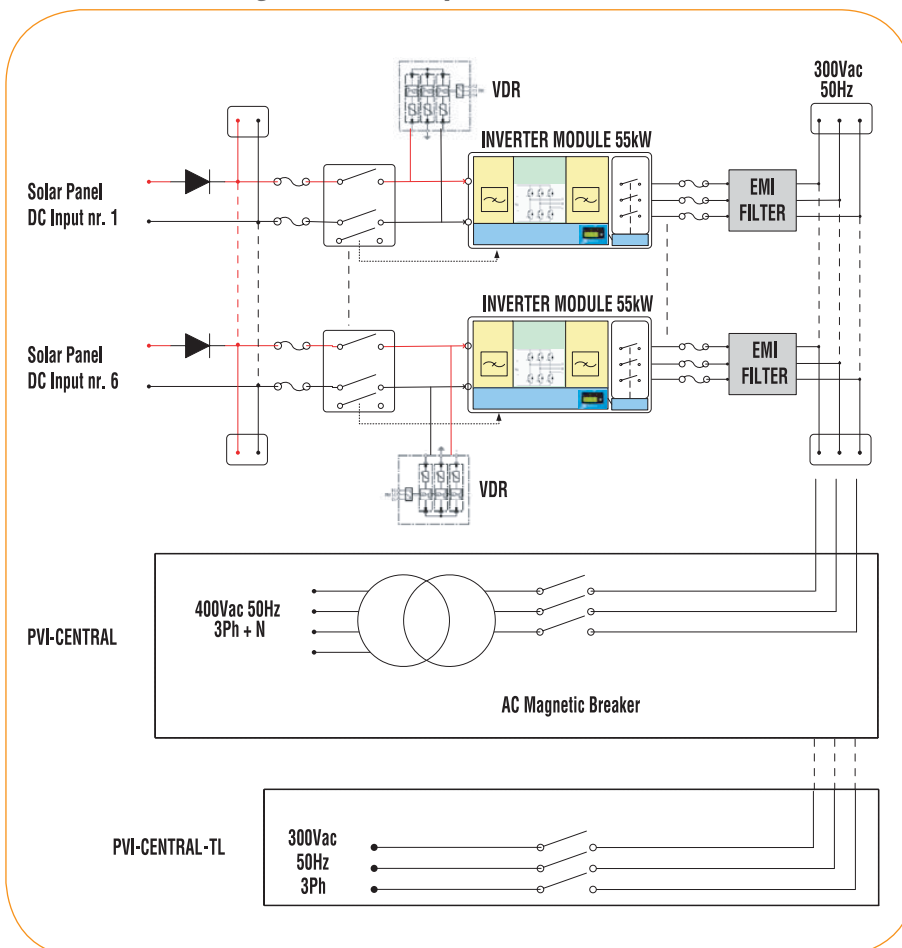
General Specification Centralized Model PVI-CENTRAL-250/300-ES PVI-CENTRAL-250/300-TL-ES

LAS VENTAJAS DE AURORA®

- Arquitectura del sistema flexible con 6 módulos de 55kW funcionalmente independientes, configurables en modo "Master-Slave" (módulos en paralelo) o modo "Multi-Master" (módulos independientes) o Multi-Master/Slave (tres MPPT, cada uno compuesto por dos módulos en paralelo)
- Muy bajo ruido acústico gracias a la alta frecuencia de conmutación (18kHz).
- Alto rendimiento de conversión
- Configuración modular con unidades independientes de 55 kW.
- Integradas las conexiones, protecciones y desconexión de CC y CA Preparado para la conexión sin un equipo externo
- La capacidad de aumentar la potencia gracias a la arquitectura del sistema "Add-on" que permite una amplia gama de aplicaciones (hasta 330 kW en un solo armario)
- Reducción de la sensibilidad a la señal de DC cuando se reduce la potencia de conversión a un solo convertidor de 55 kW.
- Disponibilidad de versiones sin transformador de BT para conexión directa a la celda de MT (con traf. MT)



Diagrama de bloques - 250Kw - 330Kw



CARACTERÍSTICAS	PVI-CENTRAL-250	PVI-CENTRAL-250-TL	PVI-CENTRAL-300	PVI-CENTRAL-300-TL
PARAMETROS DE ENTRADA				
Máxima Potencia PV recomendada [kWp]	-			
Total (modo master/slave)	295	295	354	354
Por canal (modo multi-master)	59	59	59	59
Máxima Tensión de entrada admisible [Vdc]	900	900	900	900
Rango de Tensión MPPT de entrada [Vdc]	465 - 850 (550 nominal)	465 - 850 (550 nominal)	465 - 850 (550 nominal)	465 - 850 (550 nominal)
Número de MPPT independientes				
Configuración multi-master	5	5	6	6
Configuración multi-master/slave	3	3	3	3
Configuración master/slave	1	1	1	1
Máxima Corriente Total de entrada [Adc]	615	615	738	738
Modo multi-master (cada módulo)	123	123	123	123
Factor de distorsión DC	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Número de entradas DC disponibles	5	5	6	6
Máxima sección del cable de entrada DC (cada polaridad)	5x120mmq (M10)	5x120mmq (M10)	6x120mmq (M10)	6x120mmq (M10)
EQUIPAMIENTO DE SERIE - ENTRADA				
Control de Aislamiento	Si, con alarma	Si, con alarma	Si, con alarma	Si, con alarma
Protección DC integrada				
Prot. Inversión de polaridad y corriente inversa (cada entrada)	Si, con diodo en serie	Si, con diodo en serie	Si, con diodo en serie	Si, con diodo en serie
Prot. sobrecorriente con fusible (cada entrada/ambas polaridades)	125A/1000V	125A/1000V	125A/1000V	125A/1000V
Interruptor- seccionador DC (cada entrada)	125A/1000V	125A/1000V	125A/1000V	125A/1000V
Prot. Sobretensión en la entrada (con seguimiento)	5 (1 por entrada)	5 (1 por entrada)	6 (1 por entrada)	6 (1 por entrada)
PARÁMETROS DE SALIDA				
Potencia de salida Nominal AC, PACnom (hasta 50°C, kW)	275	275	330	330
Corriente de salida Nominal AC (Arms)	405	540	486	648
Rango de Tensión de salida AC (Vrms)	3 x 400 +/-15%	3 x 300 +/-20%	3 x 400 +/-15%	3 x 300 +/-20%
Frecuencia Nominal AC [Hz]	50 / 60	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Factor de Potencia [cos φ]	>0.99 (@ Pac nominal)	>0.99 (@ Pac nominal)	>0.99 (@ Pac nominal)	>0.99 (@ Pac nominal)
Distorsión de la Corriente AC [THD%]	< 4% (@ Pac nominal)	< 4% (@ Pac nominal)	< 4% (@ Pac nominal)	< 4% (@ Pac nominal)
Frecuencia de conmutación del Inversor [kHz]	18	18	18	18
Máxima sección del cable de salida AC (cada fase)	2x240mmq (M12)	2x240mmq (M12)	2x240mmq (M12)	2x240mmq (M12)
EQUIPAMIENTO DE SERIE - SALIDA				
Contacto AC (desconexión nocturna del transformador)	No	No	No	No
Interruptor AC (Magnetotérmico) (*) lado 300Vac del transformador	Si (*)	Si	Si (*)	Si
Protección contra sobretensión lado AC (entrada AUX y salida AC)	Si	Si	Si	Si
RENDIMIENTO EN LA CONVERSIÓN				
Rendimiento máximo % (@ Vin nom)	95,50%	97,50%	95,50%	97,50%
Rendimiento Euro % (@ Vin nom)	94,50%	96,90%	94,50%	96,90%
PARÁMETROS AMBIENTALES				
Grado de Protección Ambiental	IP20	IP20	IP20	IP20
Rango de Temperatura de Trabajo	-10°C...+50°C	-10°C...+50°C	-10°C...+50°C	-10°C...+50°C
Caudal de aire necesario en la entrada	5000m3/h	5000m3/h	6000m3/h	6000m3/h
Humedad Relativa (sin condensación)	< 95%	< 95%	< 95%	< 95%
Ruido Audible [dBA @ 1m]	<75	<72	<78	<75
ALIMENTACIÓN AUXILIAR				
Tensión de la alimentación Auxiliar Externa	3x400Vac + N, 50/60Hz	3x400Vac + N, 50/60Hz	3x400Vac + N, 50/60Hz	3x400Vac + N, 50/60Hz
Máximo consumo en funcionamiento	<0.2% of PACnom	<0.15% of PACnom	<0.2% of PACnom	<0.15% of PACnom
Consumo nocturno [W]	<75W	<75W	<90W	<90W
INTERFAZ DE COMUNICACIÓN / USUARIO				
Puerto de Comunicación (PC / Datalogger)	1 x RS485 (RS485_USR)	1 x RS485 (RS485_USR)	1 x RS485 (RS485_USR)	1 x RS485 (RS485_USR)
Comunicación con la caja DC (PVI-STRINGCOMB)	1 x RS485 (RS485_2)	1 x RS485 (RS485_2)	1 x RS485 (RS485_2)	1 x RS485 (RS485_2)
Comunicación Remota (opcional)	WEBLOGGER (Ethernet, GPRS)	WEBLOGGER (Ethernet, GPRS)	WEBLOGGER (Ethernet, GPRS)	WEBLOGGER (Ethernet, GPRS)
Interfaz de usuario	Display con 2 líneas (por cada módulo inversor)	Display con 2 líneas (por cada módulo inversor)	Display con 2 líneas (por cada módulo inversor)	Display con 2 líneas (por cada módulo inversor)
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS				
Dimensiones (WxHxD) [mm]	1250 x 2100(*) x 810 +	1250 x 2100(*) x 810	1250 x 2100(*) x 810 +	1250 x 2100(*) x 810
(*) No incluido el conducto de aire de salida	1250 x 1055(*) x 810 (trafo box)		1250 x 1055(*) x 810 (trafo box)	
Peso Total [kg]	1600	1000	1700(*)	1100(*)
Peso Módulo de 55kW [kg]	65	65	65 (*)	65 (*)
CERTIFICACIONES				
EMC	"EN 61000-6-2, EN 61000-6-4 ; EN 61000-3-11; EN 61000-3-12			
Conformidad CE	SI			
Conexión a la red	DK5940 Ed. 2.2, VDEW, RD1663/2000			

MODELOS

CÓDIGO MODELO	CONFIGURACIÓN
PVI-CENTRAL-250	con transformador
PVI-CENTRAL-250-TL	sin transformador
PVI-CENTRAL-300	con transformador
PVI-CENTRAL-300-TL	sin transformador